昆虫生物地理学

INSECT BIOGEOGRAPHY

Insect Biogeography

陈学新 主编
Edited by CHEN Xuexin

中国林业出版社

昆虫生物地理学

陈学新　主编

中国林业出版社
1997年

INSECT BIOGEOGRAPHY

Edited by
CHEN Xuexin

China Forestry Publishing House
1997

图书在版编目（CIP）数据

昆虫生物地理学/陈学新主编．—北京：中国林业出版社，1997.4
ISBN 7-5038-1850-6

Ⅰ．昆… Ⅱ．陈… Ⅲ．昆虫学：动物地理学 Ⅳ．Q968.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（97）第 07662 号

21154/20

中国林业出版社
（100009 北京西城区刘海胡同 7 号）
北京地质印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
1997 年 4 月第 1 版 1997 年 4 月第 1 次印刷
开本：787mm×1092mm 1/16 印张：7.25
字数：186 千字 印数：1000 册
定价：11.00 元

编写人员

主　编：陈学新（浙江农业大学）
副主编：吴　鸿（浙江林学院）
　　方志刚（浙江林学院）
编　委：程家安（浙江农业大学）
　　何俊华（浙江农业大学）
　　许维岸（山东农业大学）
　　胡月明（浙江农业大学）
　　鲍祖胜（浙江农业大学）

Editorial Board

Chief Editor: CHEN Xuexin (Zhejiang Agricultural University)
Associate Editors: WU Hong (Zhejiang Forestry College)
FANG Zhigang (Zhejiang Forestry College)
Members: CHENG Jiaan (Zhejiang Agricultural University)
HE junhua (Zhejiang Agricultural University)
XU Weian (Zhejiang Agricultural University)
HU Yueming (Zhejiang Agricultural University)
BAO Zusheng (Zhejiang Agricultural University)

序

生物地理学作为一门边缘学科，研究生物分布的规律并揭示其与地理环境以及地质历史之间的关系，始终受到生物学界和地学界两个方面的重视。

近年来，地学方面板块学说的兴起和蓬勃发展、以及生物系统学界在理论和方法论方面出现的激烈论争强烈推动了生物地理学的进展，除具体内容日益丰富以外，还出现了若干新的理论和方法，为今日的生物地理学带来了全新的面貌。

昆虫由于种类繁多，分布格局多样，长期以来与脊椎动物以及高等植物一起共同成为生物地理学的主要资料来源和研究对象。此外，又根据昆虫自身的生物学和分布特点，形成了生物地理学的分支学科——昆虫生物地理学，以揭示和阐述千百万种昆虫在地球上的分布规律、格局、起因、变动及其历史变迁状况为主要内容。我国山川辽阔，昆虫种类极为丰富，昆虫区系研究正在以迅速的步伐发展前进，地学界也不断积累新的发现，中国昆虫地理的无穷奥秘正在吸引更多的学人去探究和揭露。但在我国，有关生物地理学和昆虫地理学基础知识和新进展的全面介绍和普及均尚不足，新书很少；高等院校有关课程亦严重缺乏教材；这种状况常为有关人员引为憾事。

浙江农业大学植物保护系陈学新博士主编的这本新著内容丰富、阐述清楚。此书的问世对于我国有关学科的发展以及教学工作均是一项可喜的贡献。特此为之作序，以表感慰。

郑乐怡
于南开大学生物系
1996年4月

前　言

昆虫生物地理学（insect biogeography）是一门专门研究昆虫（过去和现在）地理分布的科学，是整个生物地理学（biogeography）的一个分支。它作为独立的一门学科还十分年轻，目前国内外还没有一本专门论述昆虫生物地理学的专著。但就我们所知，我国自从招收昆虫学研究生，特别是昆虫分类学研究生以来，许多高等院校都开设了有关昆虫生物地理分布的课程，进行过这方面的教学工作，但由于没有合适的教材，大家都深感很不方便。我们经过几年有关昆虫生物地理学的教学实践，将教学笔记整理成目前的“昆虫生物地理学”一书，其目的：一是为解一时之急，希望暂时为广大昆虫学研究生提供一本全面介绍这一学科的教学参考书；二是为抛砖引玉，希望今后有更为完善、系统的昆虫地理学专著的出版。

本书共分六章，前两章是基础理论，昆虫生物地理学是整个生物地理学的一个分支，因此我们在讨论这两部分时，就从整个生物地理学出发，对这一学科的发展历史以及有关的基本概念和理论作了介绍，目的是帮助大家有一个整体的认识。后四章则着重介绍了昆虫的分布及人类活动对昆虫地理分布的影响。

但正如 Nelson 和 Platnick（1980）指出的那样，生物地理学是一个独特的学科。因为目前从事这一学科研究的人，大都不是真正的生物地理学家，而是某个生物类群的分类学家。我们也一样，长期以来一直从事昆虫分类学和昆虫生态学的研究，搞起昆虫生物地理学也是迫不得已，“半路出家”。加之编写此书时间仓促，书中一定会有不妥之处，当由我们负责，并请广大读者、专家不吝指教。

本书在编写过程中得到了南开大学郑乐怡教授的鼓励和支持并审阅全书文稿，南京农业大学杨莲芳教授给予了很大的帮助，马云女士帮助打印本书的全部文稿，英国赫勒福市立博物馆 Jonathan Cooter 先生审校本书的英文部分文稿，特在此表示热忱的谢意。

编　者

1996 年 3 月于杭州

目　录

序

第一章　生物地理学及其发展史 …… (1)

第一节　生物地理学的概念 …… (1)

第二节　生物地理学与其他学科的关系 …… (2)

第三节　生物地理学的哲学基础和基本原理 …… (3)

第四节　生物地理学的发展简史 …… (5)

一、19 世纪早期 …… (5)

二、达尔文时期（19 世纪中后期） …… (6)

三、20 世纪前半叶 …… (7)

四、从本世纪 60 年代至今 …… (8)

第二章　生物地理学的理论基础 …… (10)

第一节　生物地理学的生态学基础 …… (10)

一、物理环境中的地理特征变化 …… (10)

二、物种分布的限制 …… (11)

三、群落生态学 …… (12)

第二节　生物地理学的历史学基础 …… (13)

一、地球上大陆移动的历史 …… (13)

二、物种的历史 …… (14)

三、扩散 …… (15)

四、间隔分布 …… (16)

五、特有性和区域性 …… (16)

六、组建生物地理的历史 …… (18)

七、动物和昆虫的发展历史 …… (19)

第三节　生态生物地理学 …… (22)

一、岛屿生物地理学的平衡理论 …… (22)

二、岛屿生物地理的影响因子 …… (22)

三、陆地和海洋生境中的物种多样性 …… (23)

四、历史和生态学在物种和生物群落地理分布中的作用 …… (24)

第四节　历史生物地理学一些派别的论点 …… (24)

一、扩散生物地理学 …… (25)

二、系统发育生物地理学 …… (26)

三、支序分替生物地理学 …… (26)

第三章　世界陆地动物地理区域和昆虫的分布 …… (29)

第一节　世界陆地动物地理区域 …… (29)

第二节　昆虫的分布 …… (30)

一、古北区 …… (30)
二、新北区 …… (33)
三、东洋区 …… (35)
四、非洲区 …… (38)
五、新热带区 …… (40)
六、大洋洲区 …… (42)
第三节 岛栖昆虫 …… (45)
一、岛屿的类型 …… (45)
二、岛屿昆虫的特点 …… (45)
第四章 中国动物和昆虫的地理区域 …… (48)
第一节 中国昆虫区系的起源 …… (48)
第二节 中国动物和昆虫生物地理区域 …… (48)
一、我国动物和昆虫的地理区划 …… (48)
二、古北、东洋两区在我国的分界问题 …… (49)
第三节 中国昆虫的分布 …… (51)
一、自然条件对我国昆虫分布的影响 …… (51)
二、我国昆虫的分布 …… (53)
第四节 中国昆虫区系研究历史与现状 …… (56)
第五章 人类活动与昆虫地理分布 …… (58)
第一节 人类活动与昆虫扩散蔓延 …… (58)
一、人类活动传播昆虫的方式 …… (58)
二、人类活动传播昆虫的种类 …… (66)
三、美洲大陆人为传播昆虫概况 …… (66)
四、重要害虫的人为传播 …… (67)
第二节 人类活动对昆虫分布的限制和种的灭绝 …… (73)
一、检疫措施 …… (74)
二、破坏生态环境 …… (74)
第六章 地理信息系统及其在昆虫生物地理学中的应用 …… (75)
第一节 地理信息系统概述 …… (75)
一、基本概念 …… (75)
二、地理信息系统的数据结构、组成与功能、类型与应用 …… (76)
第二节 地理信息系统在昆虫生物地理学中的应用 …… (77)
一、昆虫生物地理信息系统的构成 …… (77)
二、昆虫生物地理信息系统的建立 …… (78)
三、实例 …… (79)
参考文献 …… (81)
术语索引 …… (86)
中名索引 …… (93)
学名索引 …… (98)

CONTENTS

PREFACE
Chapter I BIOGEOGRAPHY AND ITS HISTORY ····· (1)
§ 1 What is biogeography ····· (1)
§ 2 Relationships to other sciences ····· (2)
§ 3 Philosophy and basic principles ····· (3)
§ 4 Brief history ····· (5)
Chapter Ⅱ THE FOUNDATION OF BIOGEOGRAPHY ····· (10)
§ 1 The ecological setting ····· (10)
1. Geographic variation in the physical environment ····· (10)
2. The limits of species distributions ····· (11)
3. Community ecology ····· (12)
§ 2 The historical setting ····· (13)
1. Continental drift history ····· (13)
2. Species history ····· (14)
3. Dispersal ····· (15)
4. Disjunction ····· (16)
5. Endemism and provincialism ····· (16)
6. Reconstructing biogeographic histories ····· (18)
7. Developmental history of animals and insects ····· (19)
§ 3 Ecological biogeography ····· (22)
1. The equilibrium theory of island biogeography ····· (22)
2. Factors affecting insular distributions ····· (22)
3. Species diversity in continental and marine habitats ····· (23)
4. Interaltion of history and ecology in the distribution of species and biotas ····· (24)
§ 4 Different methodologies in biogeographic constructions ····· (24)
1. Dispersal biogeography ····· (25)
2. Phylogenetic biogeography ····· (26)
3. Cladistic vicariance biogeography ····· (26)
Chapter Ⅲ TERRESTRIAL ZOOGEOGRAPHIC REGIONS AND INSECT DISTRIBUTION ····· (29)
§ 1 Terrestrial zoogeographic regions in the world ····· (29)
§ 2 Insect distribution ····· (30)
1. Palaearctic region ····· (30)
2. Nearctic region ····· (33)

3. Oriental region ····· (35)
4. Afrotropical region ····· (38)
5. Neotropical region ····· (40)
6. Australian region ····· (42)
§ 3 Insular insects ····· (45)
1. Types of islands ····· (45)
2. Characteristic of island insects ····· (45)
Chapter Ⅳ ZOOGEOGRAPHIC REGIONS IN CHINA ····· (48)
§ 1 Orgin of the Chinese insect fauna ····· (48)
§ 2 Zoogeographic regions in China ····· (48)
1. Zoogeographic regions in China ····· (48)
2. Division line between Palaearctic and Oriental regions in China ····· (49)
§ 3 Insect distribution in China ····· (51)
1. Natural environment affecting insect distributions in China ····· (51)
2. Insect distribution in China ····· (53)
§ 4 History and present status of the insect faunal studies in China ····· (56)
Chapter Ⅴ MANKIND'S ACTIVITIES AND INSECT DISTRIBUTION ····· (58)
§ 1 Mankind's activities and insect spread ····· (58)
1. Means of insect spread linked to mankind activities ····· (58)
2. Species spread by mankind's activities ····· (66)
3. Outline of insect spread through mankind's activities in the American continent ····· (66)
4. Important economic insects spread by mankind's activities ····· (67)
§ 2 Limits of insect distribution and extinction of species by mankind's activities ··· (73)
1. Quarantine measures ····· (74)
2. Environmental disturbance and destruction ····· (74)
Chapter Ⅵ GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND THEIR APPLICATIONS IN INSECT BIOGEOGRAPHY ····· (75)
§ 1 An overview of geographic information systems (GIS) ····· (75)
1. Basic concepts ····· (75)
2. Data structure, components, function, types and applications ····· (76)
§ 2 Applications of GIS in insect biogeography ····· (77)
1. Components of insect biogeographic information systems ····· (77)
2. Creation of an insect biogeographic information system ····· (78)
3. Examples ····· (79)
REFERENCES ····· (81)
INDEX OF TERMINOLOGY ····· (86)
INDEX OF CHINESE NAMES ····· (93)
INDEX OF LATIN NAMES ····· (98)

第一章　生物地理学及其发展史

昆虫生物地理学（insect biogeography）是一门专门研究昆虫（过去和现在）地理分布的科学。它作为一门独立的昆虫学科还十分年轻，发展也比较缓慢，其部分原因是昆虫种类的繁多，以及人类对昆虫及其分布、系统发育等知识的缺乏。Raven 等（1971）认为，世界上昆虫种类如此繁多，它们灭绝的速度如此之快，以至于大多数种类在没有被分类鉴定之前就消失了。尽管化石在理论上可以作为研究的材料，但大多数种类不可能以化石形式永存，特别是那些热带种类。鉴于诸多的限制，我们不能期望一朝一日能够完全理解（弄清）昆虫的分布，但经过努力，我们会不断加深对昆虫地理分布的认识。

由于昆虫生物地理学是整个生物地理学的一个分支学科，所以下面我们将从整个生物地理学出发，对生物地理学的概念、与其他学科的关系、哲学原理和发展历史先作一介绍。

第一节　生物地理学的概念

目前地球上已知生活着 140 万种动物、植物和微生物，而且肯定有同样或更多数量的种类有待于人们去发现。在历史上还曾经出现过无数种生物，但现在它们都已灭绝，其中只有很少部分以化石的形式保存了下来。可以说，生物在地球上无处不在。但是，每个物种，不管是现存的或者是已灭绝的，都有其独特的地理分布，每个物种仅占居地球表面的一小部分，仅在某些生境中出现，其数量在其地理分布区内也有变化。每个已灭绝的物种在历史上都经历过其种群数量和地理分布由小到大，再由大至小，最后灭绝的过程。现存的物种最终也将灭绝，并由未来的物种代替它们。

生物地理学（biogeography）就是一门专门研究生物（过去和现在）地理分布的科学，是一门试图描述和弄清生物物种和种以上分类阶元地理分布中如此众多的不同的分布形式的学科。

生物地理学从某种意义上说是一门历史学科。化石能提供有关地球上生命历史的信息，因此对化石进行研究，就能找到诸如下列一些有趣问题的答案：一个物种是怎样形成目前分布幅度的？它的近邻是什么？在哪里能找到？一个生物类群有着怎样的历史？它们的祖先生活在哪里？为何一些大而隔离的地理区域，如澳大利亚、新喀里多尼亚（南太平洋岛）和马达加斯加等区域内的动植物如此特殊？一个类群的分布在什么时候扩大或缩小而呈现目前的状况？地质事件，如大陆飘移和更新世冰川对形成目前的分布状况有什么影响或作用？为什么一些近似种局限于同一区域，而另外一些近似种却彼此隔离，分布于地球表面的不同地方？

生物地理学在某种意义上又是一门生态学科。生物地理学家要解决的一些问题从本质上说是属于生态学范畴的，因为它们涉及生物及其环境的关系。一个物种为什么局限于目前的分布幅度？什么因子使得它能够分布于目前的分布区域内而又有什么因子使得它不能分布于其他区域？气候、地形、生物间的相互作用在限制物种分布中起什么作用？如何解释当我们爬山过程中所见到的物种变化？为什么热带地区的物种要比温带或寒带的多？岛屿是如何被

生物占居的？为什么岛屿上的物种要比附近大陆上的少？……

上述问题可以说是无数的，但从本质上讲就是这样一个问题：物种的种类和数量在地球表面不同的区域为什么会有变化？如何解释这些变化？这正是生物地理学的基本问题。它一直困扰着对自然充满好奇的人们。然而，直到上个世纪才有科学家称他们自己是生物地理学家，并将研究集中到生物的地理分布上。他们对生物地理的各个方面还没有全部弄清，但他们对不同生物的分布以及它们为什么分布于目前的分布区内有了很多的了解。在过去的20年中，很大程度上由于相关的学科，如生态学、分类学、古生物学和地质学的发展，刺激了生物地理学的长足进步。

生物地理学是一门范围很广的学科。要成为一个完善的生物地理学家，就必须掌握和综合大量的资料。当然，对每个人（包括生物地理学家在内）来说，却只是对一个学科的某些方面感兴趣，而不是所有方面。由于每个人所受的教育和训练不同，他们所涉及的生物地理学的内容也不尽相同。比较常见的专业化是分类学的，即植物地理学家研究植物的地理分布（phytogeography），而动物地理学家则研究动物的地理分布（zoogeography）。在植物和动物界中的不同分类阶元或类群上，又都有专家在研究某一类群的地理分布，如昆虫地理学家则研究昆虫的地理分布（insect biogeography）。尽管病毒和细菌在生态群落和人类福利方面起着十分重要的作用，但微生物地理学（microbial geography）目前还知之甚少，少有讨论。

有些生物地理学家侧重历史生物地理学（historical biogeography）的研究，探索生物的起源、扩散和灭绝，并试图解释地质学事件，如大陆飘移、更新世冰川等对形成目前生物分布形式的影响；而另外一些生物地理学家则侧重生态生物地理学（ecological biogeography）的研究，试图从生物与环境（物理和生物）的相互作用角度来阐明物种目前的分布。古生态学（paleoecology）似乎介于上述两学科之间。近年来，一些学者开始注重以不同的研究方法来理解生物的地理分布，其中一些主要是描述性的，注重描述某一现存或灭绝生物的分布幅度，即所谓的描述性生物地理学（descriptive biogeography）；另外一些则是理性的或概念性的，致力于建立和检验用以解释不同地理分布形式的理论模型，即所谓的理性生物地理学（conceptual biogeography），包括历史生物地理学、分析生物地理学、生态生物地理学、预测生物地理学等等，其中近年来研究较多的是分替生物地理学（vicariance biogeography）。上述所有方面对于生物地理学整个学科来说都是必需的。当然，任何人都不可能成为生物地理学所有方面的专家，但对生物、研究方法和概念的广泛了解将有助于对生物地理学的理解。事实上，正是生物地理学的不同分支或方面相互补充和结合，促进了现在的生物地理学这一学科的形成。

第二节 生物地理学与其他学科的关系

生物地理学是一门由生态学、种群生物学、分类学、进化生物学、地球科学和自然历史等多学科综合而成的综合或交叉学科，与其相关的学科之间没有明显的界限。任何试图给生物地理学做一明确界限的定义都将有损于这一学科的完整性。比如，有人主张生物地理学与古生物学和生态学完全脱离，这将使生物地理学变成一个仅仅画画物种分布图而已的纯描述性的学科。

由于生物地理学是生物学的一个分支，丰富的生物学知识对于研究生物地理学来说是至

关重要的，对植物和动物的主要类群，以及它们的生理、解剖、发育和进化历史都应有所了解。比如，蛙和蝾螈是两栖动物，是脊椎动物的一类，成熟后陆生而幼期水生，通常在潮湿的地方繁衍，但又不适应咸水生活。了解了这些生物学特征后就自然可以理解为什么两栖类动物常见于潮湿的陆地生境中，而沙漠和海岛中则极少见。

地理学当然也是非常重要的，大陆、山脉、沙漠、湖泊、主要岛屿和群岛、海洋等在历史上和目前的位置以及现在和过去的气候类型、洋流和海潮变化等知识对研究生物地理分布都是必须的。要研究生物目前的地理分布而对大陆和海洋在历史上的变化毫无了解是不可想像的。作为一个现代的生物地理学家，不仅要了解各个生物类群的进化历史，而且要了解生物所生活的地球的地质历史，因为正是这两者的相互作用造成了生物目前的地理分布，特别是在过去的 2.5 亿年中。比如，在 1.35 亿年前，南美、非洲和澳大利亚还连在一起，称为“南古陆”(Gondwanaland)，当时昆虫、鱼类、鸟类等已开始进化和扩散；大约在 6 000 万年前，地球北面出现了一些海洋和冰岛，北美与欧洲才分开，欧洲与格陵兰岛才永远分离；也大约在 6 000 万年前，北美与西伯利亚相连，成了两大陆间生物交流的通道；大约在 8 000 年前，才产生了白岭海峡将两大陆分开。所有这些有关地球历史的知识，都是我们研究生物目前地理分布所必需的。

第三节　生物地理学的哲学基础和基本原理

大多数人对什么是科学，科学家是如何工作的以及科学进步是如何取得的等问题有一种模糊而错误的印象。科学家总是力图透过事物的多样性和复杂性而认识到客观（自然）世界的基本规律和一般形式。科学哲学家和科学历史学家总是以事后才认识到的方式，认为科学调查工作总有最有效的诀窍可寻。然而事实上，绝大多数科学家所从事的科学研究工作，并不象烧菜做饭或者根据交通图走路那么容易，而是在解谜或者就像在森林中迷了路，充满了错误和挫折，即便是科学上的一点点进步，也需要机遇、时间和反复试验。当然，这并不意味着人的智慧、创造力、不折不扣的精神和讲究精确的态度不重要。相反，正是这些特性，再加上先进的技术等才能进行完善的科学调查工作。

从本质上说，科学是对“形式”(pattern) 和“过程”(process) 关系的考察。“形式”可定义为非随机的、可重复的组织或机构。在自然界中“形式”的发生是由于一个一般的“过程”或一系列“过程”导致产生的，科学总是从发现“形式”开始，然后建立对“形式”做出解释的理论，最后对这些理论进行严格的检验，直至能充分解释“形式”而又为科学事实所接受。

科学哲学的传统做法是区分归纳法与演绎法，归纳是从特殊到一般，而演绎则恰好相反，是从一般到特殊。一些现代著名的科学哲学家，特别是波普尔 (K. R. Poper) 等人极力推崇所谓的“假设演绎法”(hypothetico-deductive method)。任何一个好的理论都包含经过检验而被接受的假设和推论。“假设演绎法”通过提供中间的、可选择的、可证伪的假设来检验一个理论，首先是学者用简明的语言提出一个新的、暂时的新观点或理论，然后用实验或观察方法来对这一新理论做检验和证伪，只有它经得住最严格的检验，这一理论才被认为是可信的或实证的。

一般性的新理论最终是科学主要进步的来源（源泉），这当中大多数是通过归纳法而取得

的。自然选择的进化论、DNA 的双链结构、岛屿生物地理学的平衡理论等都是通过收集实据、分析而发现一般的形式，进而再对之做出一般性的解释这样一个过程来取得的。尽管我们可以笼统地说，理论通过归纳法而得出，再用演绎法进行验证，但实际上科学研究的过程远非这么简单，理论的产生和改进要经过反反复复的实验观察和理性升华。对自然世界的认识是一个缓慢而不规则的过程。这对于生物地理学来说尤其如此。由于这个原因，某些批评家指责生物地理学是形而上学或先验的东西，是伪科学。他们声称，一些学者甚至从相互矛盾的事实中形成他们的理论，回避指控和批评，并随时改变他们的理论。

和其他当代的生物学分支不同，生物地理学通常不是一门实验学科。有关分子、细胞，甚至是生物个体的问题，通常可以人为地操纵这一系统而做出精确的回答，研究人员通过改变系统的状态，然后比较系统状态改变前后的行为变化，就可以得出有关的数据或对特定的假设进行检验。但这一方法对于研究生物地理学以及相关学科，如进化生物学等中的许多重要问题是不现实和不可能的。历史进化和历史生物地理学，正如它的名称所暗示的，是历史学科，它们不可能重复，也不可能对未来作出精确的预测。

近年来，一些生物地理学家已开始运用实验技术来操纵一些小系统，尤其是小岛，取得了令人瞩目的成功，比如 Simberlóff 和 Wilson（1969）对空岛被动物定居的研究。然而，大多数重要的问题有着历史或生态学的深度和广度，因而实验方法是不可能解决的。这一方法论上的局限性并没有降低生物地理学的精确性和价值，但的确也使生物地理学面临种种挑战。其他一些学科，如天文学和地质学，也面临同样的问题。哥白尼、伽利略、牛顿从来就没有搬动过一个星球，但这并不影响他们对人类认识天体运动规律的贡献。华莱士（Wallace）和达尔文（Darwin）用他们在地球上所观察到的动物和植物的分布形式而提出了进化和生物地理学的新理论。岛屿对 Wallace、Darwin 及其以后的生物地理学家、生态学家和进化学家的影响极大，因为岛屿代表了在自然界发生的实验，在那些许多因子相对恒定而其他一些因子在不同岛屿之间有变化的岛屿上“复制”着自然系统。尽管进行人为试验的困难极大，然而用逻辑的程序来创立和严格地检验生物地理学的理论是完全可能的。已有一些科学家用这样一个程式来达到这个目的：寻找“形式”，对这一“形式”解释而形成一种理论，然后再用新观察到的事实来独立地检验这些假设和预测。

在对待生物地理学的历史学方面，大多数生物地理学家都做了这样一种最终是不可能得到检验的假设，即地球的均变论（uniformitaranism）。这一概念的含义是导致现在地球表面发生变化的物理过程与过去相比没有两样，都是历史上起作用的同样的基本规律所造成的。这一均变论的理论通常认为是英国地质学家 Hutton（1795）和 Lyell（1830）创立的，他们认为地球的历史要比人们所想像的要久远得多。地球表面总是这样恒定地变化着：岩石形成继而被风化；高山形成继而又被侵蚀最终消失。同样的道理，达尔文的伟大贡献之一，就是认识到与人类在历史上有选择地饲养家畜和种植植物而使之发生变化一样，自然界在历史上也同样通过自然选择而使生物发生变化。

正如 Simpson（1970）所指出的那样，均变论并没有被广泛接受，部分原因是大多数人对这一概念的理解还有其他附加的意义，对多数人来说，均变论含有这样的意义：过程的平均强度是恒定的，变化总是逐渐进行的。现在已有资料表明，地球表面的某些过程，其强度目前要比过去强或弱；地球某些地方的作用力要比其他一些地方强；某些地方的作用力是突发的，而不是逐渐的，某些地方的变化速率是恒定不变的。可以预计地球表面的作用力因时间

和地点而异，只是过程本身的特点是无时间限制的。

为了避免与"均变论"在含义上的联系，Simpson 及其以后的学者采用了"现实论"(actualism) 的概念，这一概念类似于方法论上的均变论。历史生物地理学在假定物种形成、扩散和灭绝过程在过去和现在都以同样方式进行的基础上应用这一原理解释物种现在和过去的分布，这一理论也同样很难被证伪，但可喜的是大多数观察到的事实支持了这一理论，并成为认识物种过去分布而预测未来分布的一种有用工具。当然，在应用这一原理时，最重要的问题是一个学者必须决定选用哪一种永恒的特性来应用于某一特殊的例子。

第四节　生物地理学的发展简史

一、19 世纪早期

在 200 年前，已知的动植物种类还只是目前所知道的 1%。进入 19 世纪后，随着对全球探险的深入和生物新阶元发现的增多，生物地理学开始形成并取得了长足进展。Alexander von Humboldt 是早期的探险家和博物学家，被誉为植物地理学 (phytogeography) 之父，他从 1805 年开始，在理论上对世界植物分布与气候之间的关系作了定量描述。与 von Humboldt 同时代的许多学者对植物与气候之间的关系也做了广泛的研究，导致了生态植物地理学 (ecological phytogeography) 的创立。Adolphe Brongniart 通过气候与植物之间的关系对化石记录进行了开拓性的研究，因而被誉为古植物学 (paleobotany) 的鼻祖。在他的影响下，植物作为过去气候的指示物，便成了古气候学 (paleoclimatology) 的理论基础。Brongniart (1827～1837) 基于对化石的讨论，在比较了欧洲过去和现在植物区系之后，认为某些欧洲植物区系在历史上曾经是热带区系。

早期生物地理学的一大成就是 Justus Liebig (1840) 提出的"最小规律" (law of the minimum)。简单地说，就是一种生物的地理分布受某一个生活所必需的因子，比如食物、矿物质、水、光或温度等所限制。当然，现在已知道并不是某个因子，而是这些因子的相互作用限定了某种生物的分布。但不管怎样，对限制因子 (无论是生物的或者是非生物的) 的调查研究刺激了 19 世纪后期生态学和土壤科学的发展。

在历史上，动物地理分布研究的起步比植物地理分布晚。这有两方面的原因，一方面是动物种类数量比植物多得多，而且一半以上的种类是昆虫，对动物进行描述和分类的繁重任务是植物的好几倍，增加了研究动物分布的困难；另一方面是动物分布与气候间的关系大多数不是直接的。事实上，动物分布与植物的关系要比动物与气候的关系更密切。

William Swainson (1835) 最早对动物地理学做了专门论述。但第一个较为普遍而且与目前世界动物地理区域划分接近的动物地理区域的分类是 W. L. Sclater (1858) 在研究鸟类分布时做出的。随着 19 世纪后半叶动物分类和描述速度的加快，动物地理学的研究也得到了快速发展。在进入 20 世纪初，学者们已经提出了至少 20 个有关动物地理区域的不同系统。

早期的生物地理学家已经注意到 3 个基本分布形式表明生物地理分布深受古代历史事件的影响：①所有分类类群都是地方性的或者局限于特定区域；②某些生物类群趋于分布在一起，为将地球表面划分成不同生物区域提供了基础；③某些相似的植物和动物类群有时分布在地球表面距离很远的区域，对这一分布形式做解释时生物地理学家已开始认识到地球和生

北林图 A00122304　444428

物两者都不是一成不变的，两者都有着几千年，甚至百万年以上的变化历史。

二、达尔文时期（19 世纪中后期）

英国地质学家 C. Lyell（1835）出版了《地质学原理》(Principles of Geology）一书。书中向人们展示了地球是经过亿万年逐渐变化演化而来的图景，而这一变化过程又是永恒的、可预测的。这一有关地球历史和大陆形成的均变说代替了过去的“灾变说”，为寻找有关物种起源和分布的新理论提供了理论基础，因为地球本身和地球上的生物从历史上来看毕竟是不可分割的。

在 Lyell 的专著出版后的第 2 年，年轻的达尔文以科学家和舰长 R. Fiteroy 朋友的身份，乘“Beagle”号舰做了为期 5 年的环球旅行。这期间他研究了地质、地方性植物和动物、土著人和家畜，探索生物的序列。他深为在航海过程中所观察到的不同形式所吸引而又深感困惑：在阿根廷有兽类化石，在安第斯山（南美）发现贝壳，海岛上生活着奇特类型的生物等等；在加拉帕戈斯群岛（即科隆群岛，南美）中不同的岛屿上分布着不同的龟类和雀科种类，这种分布形式的变化促使达尔文形成了地理隔离能引起物种种群间或种群内的遗传变异的思想。达尔文回国后，依据航海日记和采集的标本，创立了以自然选择为基础的生物进化理论，并于 1859 年出版了划时代的巨著《物种起源》。现在达尔文的进化论已渗透到生物地理学的各个方面。

尽管达尔文对生物地理学其他方面也做出了巨大贡献，但 Wallace 仍被誉为动物地理学之父，因为他应用进化论的自然选择理论，基本上建立了动物地理学的基本概念和原则。这些概念有许多都是 Wallace 以前的学者所提出的，但 Wallace 对它们作了更清楚的阐述，并用进化论的观点作了解释。此外，Wallace 还是第一位通过许多动物类群来分析陆地动物地理分布区域的学者，他的结论支持了 Sclater（1850）根据鸟类分布分析所作出的陆地动物地理分布区域的划分。Wallace 对动物地理学的另一个杰出贡献是观察到动物地理分布在印度尼西亚的巴厘岛和龙目岛之间有一明显的界线（间断），这里是许多东南亚种类分布的南限，也是大洋洲种类的北限（Wallace，1860），这一动物地理分布的间断被称之为“Wallace 线”。后来许多学者对它做了讨论和修改，现在这条线在加里曼丹和苏拉威西岛之间。

另一位与达尔文同时代的杰出学者是世界上最著名的植物标本采集者 D. Hooker，他对植物地理学做出了很大的贡献。Hooker 22 岁时曾跟随地球北磁极的发现者 J. C. Ross 对南极地域作过探险。这次探险经历和探险期间所采集的植物标本成了后来 Hooker 研究植物区系起源和区系间关系的资料来源。Hooker 提出了植物远距离扩散的概念，他认为那些种子或果实容易扩散的种类可以扩散到非常遥远的地方。

另外，这一时期还有其他许多学者对生物地理学做出了巨大贡献。

C. Bergmann（1847）提出了这样一个规则：恒温的脊椎动物，在气候比较冷的地区生活的种群要比在气候暖和地区生活的同种种群的身体大，其表面积与体积的比值较小，因为单位面积内体积越大，在寒冷地区越容易保持热量；相反，体积小而表面积相对大，在气候炎热的地区则有利于散热。同理，J. A. Allen（1878）提出了另一个规则：在寒冷地区生活的恒温动物种类，其翅膀和其他附肢要比生活在温暖气候中的种类结实而短，因此在地球两极生活的鸟类和其他哺乳动物趋向于身体粗壮，翅膀短小。动物身体大小与其基本代谢率、运输的消耗、在群落中的优势度、交配的成功率以及食物的类型和大小密切相关。由于表面积

和代谢率与身体大小密切相关（尽管不是直接相关），自然选择中身体大小的变化表现在体积与表面积的比值变化上。尽管这些规则存在这样那样的问题，但早期的生物地理学规则刺激了生理生态学（physiological ecology）的发展，导致了生物异速生长（allometry）的发现。

古生物学家在寻找生命历史形式和试图解释化石记录的过程中，描述了一些进化规则，"直生演化"（orthogenesis）就是一个例子。"直生演化"指的是某个类群的进化只沿一个方向进行，这一导向是生物内在性质决定的，而不是受自然控制所左右。当然，这个理论是用来反对达尔文有关进化中环境因子的选择作用而提出来的。直生演化一个特殊的例子是 Cope 规则，即进化过程的一大趋势是身体体积趋于增大。当然，这一规则有许多例外，但是身体体积大具有许多优势，因而在许多动物的进化中出现过。然而，身体大看来容易造成自身的灭绝（比如恐龙和其他已灭绝的大型哺乳动物），而被其他大型的新类群所代替。尽管后来的研究表明 Cope 规则并不像 Cope 本人所解释的那样明确，但它确也刺激了对现存和化石生物地理分布的研究。

19 世纪晚期，欧洲的植物学家开始以植物外形和对非生物因子压力如缺水和盐分过多的忍耐性来对植物进行新的分类，并描述植物生境和类型。这些工作导致了生物地理学和生态学中两个重要领域的产生：研究植物何以适应生存于目前的生境中的植物生理生态学（plant physiological ecology）和研究为什么某些种类而不是其他一些种类共同生存于某一生境的植物社会学（plant sociology），后者是植物群落生态学（plant community ecology）的一部分。

早期的植物学者已认识到不同的海拔高度分布着不同的植被类型，但动物学家 C. H. Merrian（1894）对这一分布现象作了更为深入的研究。Merrian 发现在美国西南部不同海拔的植被类型与同一海拔不同纬度的植被类型变化是一致的，在低纬度高海拔的地方和低海拔高纬度的地方有类似的植物类型分布带。尽管 Merrian 没有成功地在动物中和北美其他地区探索出类似的生物分布地带，但他确实得出了这样一个正确的结论：不同海拔的植物分布带像不同纬度的分布带一样，是物种和群落对环境温度和降雨程度的一种适应。

1860 年，E. W. Hilgard 证实气候因子和植物直接参与了母岩石转变成具有不同 pH 值、矿物质组成、结构等特性土壤的过程。之后不久，俄罗斯学者 V. V. Dokuchaev 认识到每一种土壤具有其自身的结构。这两项工作使人们认识到一个地区的土壤是由其气候类型决定的，而气候又是母岩石降解、植物生长、有机质降解、最后是某地区植物和动物的分布的影响因子。另外，一个物种的分布在地区性范围内也可能受土壤的影响。

三、20 世纪前半叶

从 20 世纪初至 60 年代，有几大研究趋势对生物地理学产生了深远的影响。古生物学对地球表面各大陆动物区系变化描述做出了杰出贡献。许多学者，特别是 W. D. Matthew、E. H. Colbert、A. S. Romer、G. G. Simpson、E. C. Olson 和 B. Kurten 等对许多陆地脊椎动物的起源、扩散、辐射和灭绝作了描述，认识到新类群物种数量的增加、辐射而起新的生态作用、扩大它们的地理分布幅度并成为优势类群等是使旧的物种消亡的主要原因。因此，目前陆地动物区系有着极其漫长而复杂的历史，而这一历史只能通过对动物类群的系统发育和它们的起源、大陆间的迁移的历史来阐明。

对陆地生物怎样从一个大陆迁移到另一个大陆的解释，不同的学者各抒已见，曾经设想

了许多不可能的历史很短的而目前已沉没的陆地桥和群岛或者是曾经连结在一起而现在已分开的大陆等来说明这个问题。在这个时期，学者们为动物何以到达不同的大陆和岛屿，尤其是像澳大利亚和夏威夷群岛这样远离大陆的岛屿而争论得面红耳赤。虽然许多解释现已被摈弃或已证实是不可能的，但这一活动的本身最终结果是将系统发育、古气候学和地质学的知识结合到生物地理学中去。

在这场争论中，最普遍的问题是起源中心问题。哪里是不同生物的起源地呢？这不是一个新问题，而是长期以来许多学者都在讨论的问题。每一本系统发育的专著都涉及到某一特定类群的起源中心的讨论和对其扩散的描述。由于化石记录是零零星星的，因此对这一问题的阐述常常非常不完全，从有限的资料中得出起源中心的结论，不同的学者观点不一致，有些学者要更胆大而武断。

在本世纪初，研究者已开始注意到物种内变异类型的研究。美国的 J. Grinnell、L. R. Dice 和欧洲的 B. Rensch 证实环境中生物地理学和生态学的特征与物种内或物种间的变异类型密切相关。随后 T. Dobzhasky 对果蝇和 J. Dlausen、D. Keck 和 W. Hiesey 对植物的研究，证实生理学和细胞学特性的差异与生物在自然界的分布有关。因此本世纪 40 年代在 Darwin 进化论的基础上，形成了有关物种内自然变异及新种形成机制的理论，继而形成了统一的有关物种的生物学概念，即一个物种是一个种群，它与其他这样的种群在生殖上是隔离的。

到这一阶段的后期，许多学者对生物地理分布的知识进行了综合。绝大多数是有关特定类群的地理分布的评述，而对生物地理学的一般性总结则主要有以下几个方面：P. J. Darlington（1957）和 G. G. Simpson（1965）对脊椎动物，S. Ekman（1953）对海洋动物，R. Good（1947）对维管植物，S. Carlquist（1965）对岛屿生物地理学等等。此外，还有众多文献涉及生态生物地理学，主要有 Hesse 等（1951）和 Niethammer（1958）对动物以及 Danscereau（1957）对植物的生态生物地理学的研究。

四、从本世纪 60 年代至今

在过去的 40 年中，地球板块构造学的接受、新的系统发育研究方法的建立和发展、生态生物地理学实验方法的新探索以及对限制生物分布机理的研究等 4 个研究领域使得生物地理学充满了新的活力。

板块构造和大陆飘移是 Alfred Wegener（1912）提出的，60 年代末 70 年代初这一学说被生物地理学家所广泛接受。这一理论的产生使历史生物地理学发生了革命性的变化，并促使生物地理学家重新考虑分布类型，大陆板块和海洋相对大小和位置的变化导致生物群落的重要移动。不管对一种分布如何解释，这个解释最终要与地球表面的地质学历史相一致。

生物学家在探索生物系统分类、研究生物之间关系和进化历史方面做出了巨大贡献，这方面的研究也极大地改善了人类对生物分布和它们之间关系的认识。进化分类学（Simpson，1961）和支序分类学（Hennig，1950，1966）提出了研究生物系统发育关系的纲要。系统发育研究已经从纯粹研究分类单元的相似性转移到仔细阐述和定量分析不同分类单元的关系程度上来了，从系统发育的高度出发，研究分类单元的地理分布历史。

在 19 世纪中叶，Asa Gray 就研究了植物的“间隔分布”（disjunction），即非常相近的种类在分布上相隔很远。从那时起，生物地理学对这一现象产生了浓厚的兴趣，因为这一分布形式可能反映了两个地区之间的历史上曾经有过陆地或水域的联系。由于系统发育研究的引

入，研究间隔分布，特别是由分替事件（vicariant events）形成间隔分布成了热点，尤其是在动物学中。

到本世纪60年代，生物地理学中已很强调进化和历史方面的研究，强调一个类群的系统发育和扩散并在不同区域内生存方式的研究。在50年代后期，G. E. Hutchinson开始注意研究一些自然界的基本过程，而这些过程决定某个地区或生境内共同生存的物种数量和生命的多样性。生态学家开始重视生物间的竞争、捕食、互惠作用在物种分布和物种共同生存从而形成生物群落中的影响。在所有的生态生物地理学研究中最突出的和最有影响的是R. H. MacArthur和E. D. Wilson（1963，1967）有关建立一个岛屿物种分布的全新理论，他们的工作改变了生态生物地理学的研究方向。他们提出了一些有关分布形式和物种多样性的理论性问题，指出这些分布形式在很大程度上反映了与某一生物类群分类关系和系统发育历史独立的一般性的“过程”。是什么决定了一个环境容纳物种的能力？这些在生态学和理论生物地理学中占主要地位的问题也引发出了其他理论领域的研究，比如，一个生物类群与另一个生物类群比较，扩散、定居和辐射过程的随机性或者是可测定性（其内在机制已清楚）的程度差别如何。而且，这些理论性的问题也刺激了对生物地理学基本概念的实验检验，刺激了对观察数据定性分析的数学方法的产生。

尽管一些生态学家强调生物间相互作用对物种和群落分布的影响，但同样有许多学者致力于研究动植物的生理生态学，这方面的研究强调了非生物环境因子在限制物种分布和某个地区内种类多样性的作用。自本世纪60年代中期以来，技术和仪器的发展导致了许多新知识新理论的产生，这些都值得有选择地写入生物地理学中去。

由此可见，生物地理学是一门范围极广的学科，一个人要对生物地理学所有方向都很熟悉是不可能的。但任何一位生物地理学家都可以对这一学科的某些方面的发展做出贡献。只有众多的生物地理学和其他相关学科专家的共同努力才形成了真正意义上的生物地理学。

第二章　生物地理学的理论基础

造成生物（目前和过去）的地理分布状况的原因是复杂的，对它们进行研究涉及的学科很广，我们不可能对这众多学科的基础理论进行罗列，而仅能从自然历史和生态学的深度和广度出发，对生物地理学的基础理论作一非常简要的叙述。

第一节　生物地理学的生态学基础

地球上生物无处不在，但没有一个物种能够分布于地球的每一个角落。生物所生活的环境多种多样，而每一个物种却只能忍受某一个特定的生境条件。每一个物种限定于有限的区域内，都有其一定的分布范围，即所谓的地理分布幅度（geographic range）。

一、物理环境中的地理特征变化

从大范围来看，绝大多数生物的分布形式与物理环境的变化形式一致。在陆地上，这些形式主要由气候和土壤类型决定，而水生生物的分布类型则很大程度上受温度、盐浓度、光线和压力变化所左右。

物理环境中绝大多数地理特征的变化是有规律的和可预测的。一般说来，接近于赤道和海平面的地区气候比较温暖，接近于两极的地区和山的高处较寒冷。降雨量也随着地理条件而变化。在热带，整年都有充足降雨的地区，可能为热带雨林所覆盖；在季节性降雨的地区，则为热带稀树草原；在无雨或很少降雨的地区，则将出现沙石裸露的沙漠景观。温带也有森林、开阔的草地和寒冷的沙漠等类似的变化。在南、北两极四周也普遍有“沙漠”，但并不是由于缺水（因为那里以降雪的方式下得很充足），而是由于冻结成冰，使生命过程得不到水。不同的海拔高度也会出现同样的气候更替，从热带森林或沙漠（在赤道地区的山脉，如北安第斯山脉），经过温带环境条件，到高度很大的雪原寒漠和冰川。大多数溪流和湖泊含淡水，但海水是咸的，等等。当然，大范围的环境变化类型不足以说明物种的生存条件，它只能对整个生物群落而言；对生物物种而言，它们只在很小范围内对环境变化产生反映，并生活于特定的小生境中。

在陆地生境中，小范围的气候，即小气候可能与大范围的气候类型毫无关系。这一方面表现在两种生物所生活的生境只有寸步之遥，但却是两种绝然不同的环境类型，如潮湿与干旱，冷与热，有风与无风等等；另一方面，同一种生物通过选择合适的生境，虽然其分布区域很广，跨越的海拔高度和纬度很大，却生活于相同的小环境中。这两种情况的例子都很多。蜥蜴是沙漠动物区系的成分，它白天活动并能忍受炎热、干旱的环境条件，然而，就在同样的沙漠中，也居住着某些蛙类和蟾蜍，它们大部分时间生活于地下，这里比较凉爽和潮湿，仅在下雨或潮湿的晚上才出来取食，并具有在偶尔下大雨而积成的、短命的水洼中繁育后代的适应能力。对于分布范围广而生活于相同小环境中的生物而言，体内寄生物和鸟、哺乳动物的共生微生物是最好的例子，它们会分布于热带雨林，但同样会在北极冻地出现，因为它们

生活在由寄主调节的寄主体内环境中。

大多数具有明显特征的小生境，通常是一些广泛散布的小地点。就一个地区而言，一个生物开拓相同的微环境的能力很大程度上依赖于其运动能力（不管是主动还是被动地运输）、身体大小、生理特性和行为。比如，动物会运用其复杂的感受器官和运动器官主动寻找隔离而分散的相同的微环境。有些动物则会改变一些环境条件，以适应其存在，如鼠、昆虫、蜘蛛等会修筑洞穴等隐蔽处所。

二、物种分布的限制

生物的地理分布不是静止的，而是动态的。随着时间的变化，物种的分布幅度在空间上转移、扩大或缩小。高级阶元的分布，如属、科、目和纲的分布也有变化，因为它们的地理分布幅度仅仅反映了它们包含的所有种类分布的累积。这些变化的净效应是两个相反的过程：侨居，即种群扩张到新的区域；灭绝，即种群从其原先分布幅度完全或部分消失。

形成物种目前分布形式的过程是一个跨度极大的时空过程。从生物地理学、生态学和进化学角度出发，时间尺度通常可分为生态学时间（ecological time）和进化学时间（evolutionary time）。生态学时间通常指千分之一秒至几十年的一段时间。在这一段时间内，物种种群与其环境相互作用并对环境变化做出反映，但并不发生进化上的变化；而进化学时间则是指百年至千万年以上的一段时间，这期间物种种群会发生进化上的变化，遗传物质改变以适应其环境条件。当然，这样的二分法是人为的，因为有些进化上的变化，如细菌对抗体产生抗性，在极短的时间内会发生；而有些生态学事件，比如土壤的形成，则需很长一段时间。但不管怎样，我们对生态学过程和进化机制却有着不同的理解。前者可以通过直接观察和实验加以研究，后者则要通过将化石与现存的不同阶元的生物作比较而间接地加以探讨。生态学比进化学更加注意研究物种小范围分布的边界，以及地方种群的命运和特点，而不是分布幅度很广的种类或种上阶元。由于生态学和进化学的过程共同影响着生物的分布，因此，生物地理学必须将时、空尺度上发生的所有事件结合起来加以分析。然而，分析物种分布限制因子的最后阶段，其机理则是生态学的：即环境对生物个体的生、死和运动产生的影响。

生物地理学是一门有趣而又富有挑战性的科学，因为生物的地理分布，既非完全一致，又非随机的。每一物种的特有地理分布幅度既反映了它的生态位，又反映了它的过去历史。由于相近的物种拥有共同的祖先，并从祖先那里遗传了相似的生物学特征和生态学要求，因此种上阶元趋于分布于一定的地理区域，则反映了它们的共同“传统”。然而根本的问题是：为什么每一物种只占据地球表面的某一小部分？对大多数生物来说，可以从两个方面来回答这个问题：一方面扩散能力的限制阻止了侨居远距离之外的合适生境；另一方面，某些直接的生态因子限制了地方性种群向其俯首可及的相邻区域扩张。在某些例子中，这样的限制因子是很明显的。比如，岛屿上的陆生植物和动物被水所包围，限制了它们的分布，它们要扩大分布区域只能通过长距离扩散越过水域障碍或进化成水生（这也许需要几百万年）。但对大多数物种而言，决定其分布边界的限制因子不是这样明显的。在某种程度上，物种个体在湿度、温度、盐分、植被密度或其他环境因子的梯度变化中逐渐减少，最终不能生存而成为分布边界。这些过程最终是一个生态学的过程，因为是环境条件造成物种种群的增加和减少。

分布边界的限制因子，或称作阻限（barrier），即为一个物种的分布区域，无论从地理的、生境的还是小生境的规模考虑，都被不能维持其居群的区域所包围，这些区域因物理条件不

同或食物资源短缺等，不允许该种生存。任何气候因子、地形因子、生物因子或因子组合，都可以成为一种生物分布的阻限。因此，生物分布受物理因子，如温度、湿度、光照、盐浓度、养分、pH、土壤类型、水质以及某些干扰因子（如大火、飓风、火山喷发等大范围的干扰和破坏）等、植被分布和生物间相互作用，如竞争、捕食或互惠等地制约。通常是几个因子通过复杂的途径而影响到某一物种的分布，因此很难弄清楚单个因子的作用。另外，人类活动对地球的生物地理分布影响极大，对此，我们将另章讨论。

物种的生态位（ecological niche）从理论上讲描述了该物种延续生存的必要的资源和环境条件，但实际上，对生态位每个参数进行精确的测量是不可能的。生态位这一概念通常只对生物物种而言，对于种下居群或种上阶元，如属或科，则通常用适应区域（adaptive zone）的概念来代替。分布幅度的扩大或缩小，反映了物种数量在空间分布上的动态变化。一个物种的分布通常受其地理分布幅度内不同部分的不同生境因子的制约，因此对大多数种类很难满意地得出其分布限制的一般性结论，除非其生态位很窄，并主要由单个资源所决定。

从自然历史来看，物种扩张到其邻近区域的能力，受其周缘种群适应新生境条件的能力的限制。后者反过来又受适应于近分布中心更加合适生境条件的个体和基因流的限制。对周缘种群和两个竞争物种边界的研究，将有助于对限定物种分布幅度的因子的理解。

三、群落生态学

正如前面所提到的生物间存在相互作用，物种并不独立存在。相反，在一定区域内的所有物种都是群落和生态系统的有机组成部分。尽管某些特殊物种的相互依存和环境中有组织的能流和物质流的特性使一些生态学家将群落视为一个“超生物”，但目前还不能将群落作为一个独立的生物地理分布单位来处理。绝大多数种类在群落中看起来似乎相互独立地分布着。但不管怎样，生物被组织到一个群落中的方式，如身体的大小或所处的营养层等特性，对其地理分布有着重要的影响。比如，某些自养生物，如地衣和苔藓，能从阳光、二氧化碳、水和矿物质中合成自身食物，他们分布于一些极为恶劣的环境中，如裸露的岩石上，在那里很少遇到竞争者。异养生物，包括所有动物、真菌等要依赖自养生物如植物等而取得能量。即使许多具光合作用的植物也要依赖于某些特异的物种，如依赖固氮菌取得必须的矿物质、依赖昆虫等传播花粉、果实和种子。

群落也有其分类类型，也有一个时间（历史）过程，即群落演潜。陆地群落类型，通常以优势植被的特性划分。比如，常见的方法是划分为森林（forest）、林地（woodland）、灌木地（shrubland）、草地（grassland）、稀矮树地（scrub）和沙漠（desert）等 6 种类型。但在生物地理学中，则根据陆地气候、土壤和植物类型等主要特征往往将陆地生物群落区分为 12 个常见的陆地生物区域类型，它们的地理分布与世界气候类型分布区和土壤类型分布相一致。这 12 个类型是：热带雨林（常绿林）（tropical rain forest）、热带落叶林（tropical deciduous forest）、荆棘林（thorn forest）、热带草原（tropical savanna）、沙漠、硬叶灌木林（sclerophyllous woodland 或 chaparral）、亚热带常绿林（subtropical evergreen forest）、温带落叶林（temperate deciduous forest）、北方森林（boreal forest）、温带雨林（temperate rain forest）、温带草原（temperate grassland）和北极苔原（tundra）。

水生生态系统则以物理环境的特性进行分类，通常分为海洋群落和淡水群落，前者可依赖海洋生物分布学或海洋探测学（bathymetry）分成潮间区（intertidal zone）或海岸区（lit-

toral zone)、浅海区 (neritic zone) 或亚海岸区 (sublittoral zone) (几米到 200m 深)、半深海区 (bathylal zone) (200～2 000m 深)、深海区 (abyssal zone) (2 000～6 000m 深) 等群落；根据生境又可分海底生物 (benthic organism) 和洋面生物 (pelagic organism)，后者又可分成浮游生物 (plankton) 和自游生物 (nekton)。淡水生物群落根据环境条件分成流水生境 (lotic 或 running water habit)，如泉、溪、河流等和静水生境 (lentic 或 standing-water habit)，如湖泊、池塘、沼泽地等。流水生境又分成激流区 (rapids zone) 和缓流区或潭区 (pool zone)，而静水区生境又类似于海洋生境分法，分成近岸区 (littoral zone)、有光区 (limnetic zone) 和深水区 (profunal zone)。另外，还有一些其他特殊的生境，如高盐湖 (北美的大咸湖、中东的死海 (dead sea))、洞穴和温泉 (hot spring) 以及一些交潜出现淡水、海水和陆地的特殊生境，如港湾、咸沼泽和热带的红树沼泽 (mangrove swamp)，那里有特殊的生物群落。

第二节　生物地理学的历史学基础

不同的生物类群有着十分不同的历史；有些类群基本上是北方或热带或南方分布的，而有些则主要是极地或高山分布的。同样，某些类群是古老的或原始的，而有些类群是新近的或进化的。

地球表面及其上面分布的生物在过去的几亿年中经历了巨大的变化。生物目前的分布和它们在进化上的亲缘关系只能通过对自然历史事件的组建而得知。这样做非常困难，因为有关过去的证据是零星的而且常常是不直接的。但在过去的 40 多年中，在这方面已取得了许多进展。

一、地球上大陆移动的历史

地理上大陆固定不动的观点早已被摈弃。现代地质学和地理学已揭示，地球的历史是一个动态、连续变化的过程。薄而坚实的海洋和大陆板块“漂动于”溶岩层上，当新的物质加入到洋脊时，大陆或海洋板块就会移动；在板块的另一些年代已久的边缘，板块又会被侵蚀、熔化而成为地幔的一部分或者成为山脉的一部分。从地球表面看来，就成了大陆移动、海洋扩张或缩小、山脉升起或侵蚀、海岛出现或消失。另外，各种化石则记录了地球在历史上曾经历过的巨大的气候变化。热带区的宽度在不断变化，从而影响到地球上植物及动物的分布类型。赤道和地极的位置虽然没有变化，但由于大陆的变动，热带区和北极区在历史上则一直在变动。目前各方面的证据不仅说明了这些板块的存在，而且能较好地组建出它们移动的历史过程。这些证据支持和完善了 Wegener (1912) 提出的“大陆漂移”说。大约在 2 亿年前，地球上的大陆还是连成整块的，称为“泛古大陆”(Pangea)；之后在 1.35 亿年以前，这一巨大的陆地分成两块，北方的一块叫做“北古陆”(Laurasia)，南方的一块称“南古陆”。这两大古陆随后又各自分离。南极和澳大利亚大陆、印度大陆从南古陆分离开来，印度大陆向北移动；6 500 万年以前，南美大陆与非洲大陆分离；在这以后，北美与北古陆分离，澳大利亚大陆与南极分离，印度大陆继续北移而与亚洲大陆相连成为亚洲的一部分，南美与北美在中部的狭窄部分 (中美) 相连，形成了当前地球上大陆的分布状态；目前地球上的大陆分布状态还在变化着，南北美仍继续与欧洲、非洲远离，非洲大陆仍在继续北移，预计到 5 000 万年以后，赤道将从澳大利亚中部通过 (参见图 1)。

这些大陆分离过程对陆地动植物的主要阶元的分布产生了极大的影响，而且大陆间的再次连接，比如北美和南美的联合，使以前独立进化的生物间在分布上出现了混合。

地球上陆地的移动历史已从地质学、地理学、古生物学和目前陆地变动的研究结果得到证实；现代动物及植物地理区系的研究结果也提供了依据。

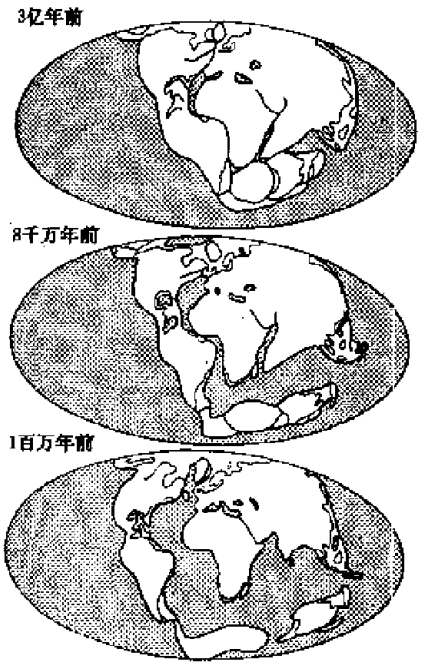

图 1　地球上大陆移动的历史（仿 Wegener）

二、物种的历史

物种的历史也就是物种在时间上和空间上产生（起源）、发展和灭绝的过程。生命起源于非生命物质；新种起源于祖先物种，物种多样化的历史也就是分支的过程。一个物种的不同种群，在遗传和生态特征方面或生物地理特性方面在历史上的某个时期产生隔离，最终形成它们自身的进化世系。但这些明确的种群有着不同的历史命运。某些占据了合适的生境而繁衍、再分化，通过“适应辐射”（adaptive radiation）而形成各种各样的新物种；另一些种群则一成不变地生存了几百万年，甚至上亿年；然而大多数种群则是在历史上曾经生存过，但现在已完全灭绝了。在生命历史的每个时期随时都进行着物种的起源和灭绝的过程。

物种的形成最终是种群在遗传特性上的分化。这种分化一般是通过两条途径实现的：一是遗传漂移（genetic drift），二是自然选择（natural selection）。前者是分子水平上的事件，是偶然事件引起的，对于小而隔离的种群的进化有明显影响，但对大种群则影响很小。到底是多少小的种群？这是进化生物学讨论的问题。但如果一个新种起源于一个小种群，那么“遗传漂移”就起到非常重要的作用。自然选择是生物进化和物种形成的主要途径。当然，地理隔离是促进遗传漂移和自然选择，从而也是促进物种形成的主要因子；地理隔离也加速了物种的遗传物质的分化。

物种形成最主要和最简单的途径就是异域物种形成（allopatric speciation），即地理隔离造成种群间的隔离，从而阻碍了种群间遗传物质的交流，进而造成遗传物质的分化，最终形成新的物种。虽然大多数物种的形成是通过地理隔离而形成的，但同样也存在同域物种形成（sympatric speciation），这有两种情况，一种情况是环境选择压力很大，造成物种基因流的断裂，即所谓的“裂变选择”（disruptive selection），使不同的种群适应于不同的环境梯度，最终使祖先种分裂成两个或多个物种。这也称为“近域物种形成”（parapatric speciation），即通过这一途径形成的物种，它们具有明确的地理分布，但彼此分布重叠或邻近。这一物种形成方式在某些草食性昆虫和寄生性生物中常见。另一种情况是染色体的变化，即染色体数量变化、基因位移等。不管怎样，物种形成是物种遗传、生态和生物地理学特征等变化的历史过程。

“适应辐射”是物种多样化的过程，是从祖先物种分化出来以适应不同生境（生态位）的过程，也就是物种在生态学特性上的分化过程。具有极其相似生态位的物种，其分布决不重

叠，而分布区重叠的物种则具有不同的生态位。这是生物地理学的重要推断之一。

所有物种的最终命运是灭绝(extinction)。有人将生物的进化过程比作一场连续的赛跑过程。它没有胜利者，只有失败者——即灭绝的物种。Van Valen (1973) 指出一个物种灭绝的可能性大小与其进化的年代无关，而与其分类地位和生态位置有关。一般地说体形大、营养层次高（如肉食）、食性专一、扩散能力弱、地理分布区狭窄、热带分布的物种具有较高的灭绝率，比如在隔离环境中的大型肉食动物比小型的或草食动物具有更高的灭绝率。所有物种的种群数量都受到环境条件变化和天敌活动的影响，当一个种群变小时，一些偶然的因子，如性比的偶然变化，也会影响其种群的丰富度而导致其灭绝。一般地说，种群越小，其数量保持低水平越长，其灭绝的可能性就越大；一个种群数量大，而且具有高出生率低死亡率的种群是不太可能灭绝的，除非环境的急剧变化造成其数量锐减，如大范围的气候剧变。生命历史上也曾经发生过"灾害灭绝"(catastrophic extinction)，即由于某些目前还不很清楚的原因，地球上某些地区或大部分地区的绝大多数物种全灭绝了；之后，生物物种即进入一个快速产生（起源）和辐射的时期，重新填满因灾害灭绝而产生的空白的生态位，生物多样性又重新回到灾变之前的水平。

环境因子对物种灭绝的影响很难加以考察和解释，因为除了那些由于人类活动造成的物种灭绝以外，物种灭绝过程是很少观察到的。

灭绝不仅对现存物种的各个不同时期产生影响，而且也影响到灭绝物种本身及现存物种的地理分布。

三、扩散

从自然定居和人为引进物种可以知道，某些物种能在距离其原分布幅度很远的地方存活、繁衍，它们没有在这些地方发生，只是因为不能跨越两地之间的不良环境。然而，经过一定的历史时期，可能会发生成功的长距离扩散。但这种情况很难被观察到，而只能从理论上加以解释，因为这种扩散是不经常而且是独特的。但不管怎样，某些类群具有跨越看来似乎不可能超越的阻限而定居在新区域的能力。在海岛和高度隔离的地区内可能会有较多这样的类群。

扩散 (dispersal) 一词在生物地理学中专指个体的流动超出它的地区种群范围之外，也就是个体流动到达它种群原来分布幅度之外的扩散，是一种长距离穿越阻限的扩散 (jump dispersal)。与生态学所指的个体流动在它所属种的正常分布幅度之内，也可以说是在该地区种群范围之内的散布或扩散 (dispersion) 有一定的区别。但近年来，生态生物地理学研究课题之一的有机体扩散 (organismic dispersal)，即指个体流动在地区种群之间，或达到过去未曾占有的地点，但仍不出原来种的分布幅度之外，这和生态学上的散布或扩散的概念一致。这一类型的扩散可推进有性生殖种类的凝合力，影响物种形成的形式，也可间接地影响历史的生物地理学本质。

生物地理学中的扩散还可以分成二种类型，即种扩散和生物群落扩散。

种扩散 (species dispersal)：个体流动从一个生境到另外一个原来没有占领的生境，此新生境已超出该种原来分布幅度之外。这有二种不同情况：①扩散到原来没有占领的新地区；②扩散到从前曾经占领过而后来被冰川侵蚀的被毁占领区（这种事例很多）。

生物群落扩散 (biotic dispersal)：指一个生物群落扩散到另外一个生物群落地区。也可以

包括：①扩散到原来没有占领过的地区；②扩散到从前曾经占领过而后来被一冰川所毁的地区。

生物地理学者一般承认，生物可借助三条途径在不同地理区间扩散。在历史上，由于某个时期的地质、气候或生境的变化，使阻限暂时消失或移动，因而生物可以从一地区扩散到另一个地区。两地区间可以使生物类群相对完全进行交换和相互扩散的连接地带称为“通道”（corridor），而在两地区间对某些类群扩散仍然存在某些阻隔从而造成不同类群（阶元）扩散情况不同，这样的阻限称之为“滤阻”（filter），如大沙漠、水域和狭窄地带等，而那些真正造成生物几乎不可能逾越的阻限，则称之为“险阻”（sweepstake），如地球上的主要海洋等。通过地质学、古气候学等的结合可以明确地得出在历史上两地间存在的某种通道，但某些类群越过一些不可能越过的“滤阻”的怪异的长距离扩散，则暗示着某些其他扩散机制。长距离扩散对生物地理学而言，有着三方面的重要意义：首先，可以解释许多种类分布广泛但又不连续的分布形式，即间隔分布；第二，可以部分地解释在不同的生物地理区内相同生境中的生物群落的相似性不同；最后，它可在一定程度上造成生物群落组成的分类学随机性（即各类群的分类关系不相近）。

在某种程度上，一个物种能否成功地扩散，取决于它长距离旅行的能力，在扩散过程中耐受不良环境的能力以及在到达目的地之后建立可生存种群的能力，如对寄主植物适应性强、繁殖能力强（如孤雌生殖或交配能力强）、产卵多、与异种竞争食物时能获胜等。

在生物地理学中还有一种既不同于扩散也不同于散布的过程，称为“分布幅度飘移”（range shift），它是一个物种在分布区内散布或分布区扩张的一种形式，但它伴随着其部分分布区特异性消失，使物种的生物分布区发生变化。

四、间隔分布

间隔分布是指两个或多个相近的生物类群生活于相距很远的区域的分布现象。通过对间隔分布的分析来组建地球上大小历史事件的时间秩序是近几十年来发展起来的生物地理学研究新领域。造成间隔分布的可能性有三个。一种可能是在历史上某个时期的生物分布区域出现过某种地质阻限或环境阻限，使得中间过渡地带的种群灭绝，从而造成间隔分布；二是陆地或水域的移动，祖先物种或祖先生物群落分裂；最后一种情况是通过长距离扩散而侨居到与原产地很不相同的地方。前两种情况可称之为分替事件，即在物种分布区中出现了新阻限，原来统一的分布区被分隔，于是原来统一的居群被隔离成 2 个或多个居群，并可能在后来的历史中各自形成新的物种，这样就造成了在亲缘关系上相近的阶元或生物群落在生物地理分布上相隔甚远，这一过程的结果，也称之为分替（vicariance），分替不同于穿越分布阻限拓殖新分布区域的扩散（参见图 2）。在过去的 20 年中，间隔分布已成为分替生物地理学的研究焦点。

五、特有性和区域性

历史上最明显的生物地理分布的效应是特有性（endemism），大多数的生物类群分布局限于某些地区，反映了地区性起源和有限散布的历史。特有性类群不是随机分布的，而是倾向于发生在某些特定的区域内。某些地区，如澳大利亚、南非、马达加斯加、新喀里多尼亚，具有较多的地方性种类和很多的特有性高级阶元。与特有性分布相对的是全球性分布（cos-

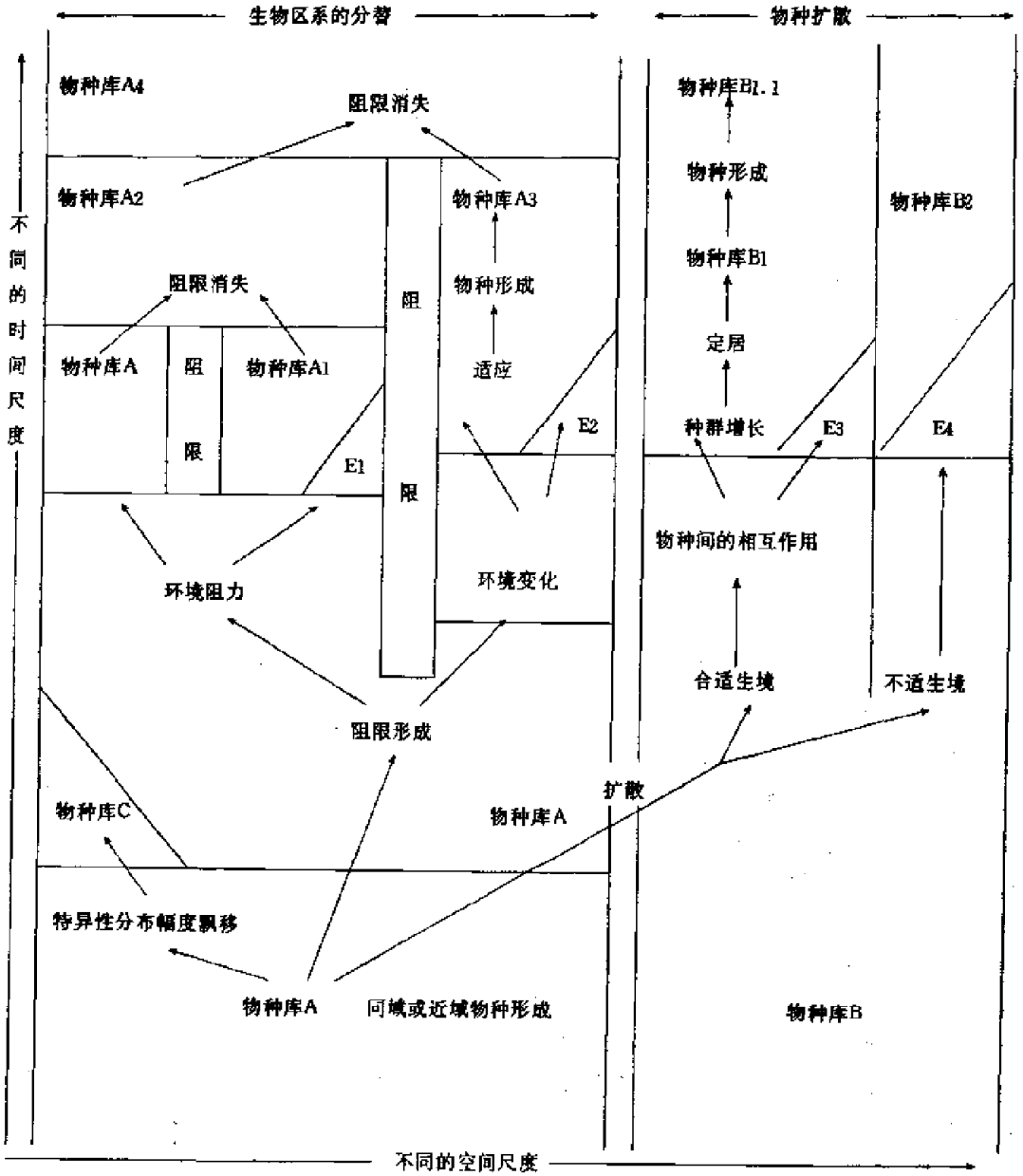

图2　造成分布形式变化的可能过程(仿Myers和Giller,1988)

E表示物种绝灭，E1表示因种群大小不足以生存而造成的绝灭；E2表示不能适应而造成的绝灭；E3表示不能定居造成的绝灭；E4表示不适应生境造成的绝灭。

mopolitanism)。

特有性类群根据其起源和年代可以用不同的术语来表达。土著性（autochthonous endemic）种类即在历史上只发生于原产地，过去和现在一样。异地特有性（allochthonous endemic)种类则起源于其他地方而现在生活于目前的地区；其最显著的例子是残遗种（relict 或 epibiotics)，即历史上曾经广泛分布而目前仅局限于很小区域的种类。残遗种有两种情况，一是分类学上的，一是生物地理学上的。分类学上的残遗种是历史上曾经是种类繁多类群的唯一现存物种，而生物地理学上的残遗种是历史上曾经广泛分布而目前分布很窄的特有性种类的后代。分类学和生物地理学的残遗种常常是一致的。

区域性（provincialism）是指相近的类群倾向于分布在同样或邻近地区内。早期研究的目的之一是寻找起源中心，生物群落的摇蓝，以及阻止相邻区域间生物交流的历史阻限。这些工作最终导致对地球陆地划分等级区域，以反映动植物区系的相似性。

区（region）和亚区（subregion）用来描述大范围的分布情况。全球的陆地可分成六大动物地理区域，即北半球的古北区（Palaearctic Region）、新北区（Nearctic Region），两者可合称为全北区（Holarctic Region），南方或热带的新热带区（Neotropical Region），非洲区（Afrotropical Region），东洋区（Oriental Region）和大洋洲区（Australian Region）（参见图3）。

从历史的观点来看，生物地理分布区域是由生态和历史两方面的因子共同作用而形成的，具有自身特性和区域边界特性，它们反映了许多生物的一般性分布图景。

生物地理分布区域的边界一般以阻止区域间生物交流的地理阻限为界，通常是海域，但有些是山脉和沙漠。生物地理区域间的边界又称为生物地理线（biogeographic line）。最著名的是前面提到过的Wallace's线（东南亚与澳大利亚间）。古北区与非洲区之间以撒哈拉沙漠为界。

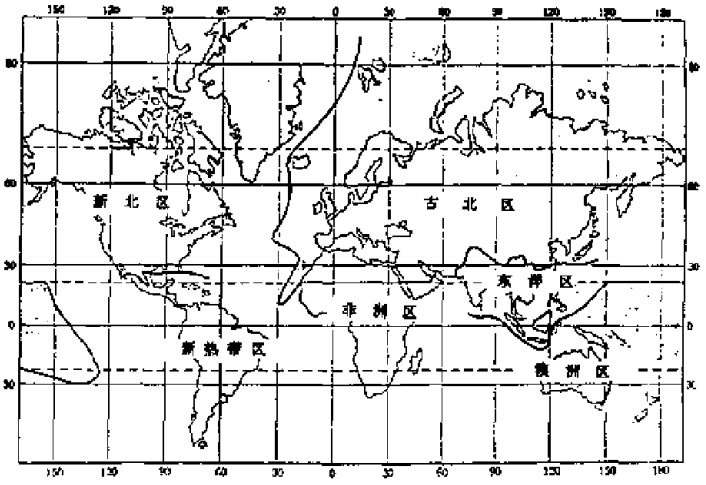

图3 世界陆地动物地理区（仿 Ross，1950）

生物区系（biota）指的是在某一地区内的生物，生物区系可分为动物区系（fauna）或植物区系（flora），它们分别指在某一地区内的动物和植物。可以用某一省、某一区等行政划分的地区作为生物区系的指定范围。但严格地说，应以自然地理区域来划分才合适。因为在一个自然地理区域内，有其特殊的历史条件、物理特性、生态特性等，然后才产生一定的生物区系。换句话说，一个生物区系是在一定的环境条件中，产生了一定的组成成分，即区系中的生物种类。

六、组建生物地理的历史

历史生物地理学的一大任务是通过现存和灭绝生物的分布记录来组建某一类群或地区的生物地理的历史。

传统的方法是应用化石记录进行分析。生物的化石保存了古代生物遗骸的形态或印迹，这是研究生物发展历史的重要材料。地层形成的年代可以用各种方法进行鉴定。在这个地层形成的化石，也就是在这个地质年代生活过的生物。根据化石的研究，可以了解地球上的生物是以从无到有，从简单到复杂，从低等到高等的总趋势进化发展的。

决定起源中心和哪些类群在亲缘关系上最接近，即各类群的系统发育关系是历史生物地理学的两大基础工作。

物种起源的中心（center of origin）有两种说法：一是经典式的观点，认为新种的产生仅

在地球的某些地区，然后扩散出去，其他地区只是接纳由发生中心传播来的物种。那么起源中心好比一个种的工厂，把物种输出到其他地区。Wallace（1876）的脊椎动物起源于地球北部，然后扩散到南部的说法，就是这个观点。二是迄至近代，人们不再用物种起源于北部的观点来约束自己，主张地球上有若干起源中心，而不止一个中心，视各种生物类群而有异。

生物分类学理论与方法的发展促进了生物地理学在方法论上的发展。近年来对生物地理学影响最大的是支序分类学（cladistics）。最早由德国昆虫学家 Will Hennig（1955）提出，通过各类群间“共同衍征”（synapomorphy）来推断各类群系统发育关系，即进化关系。当某一类群的系统发育关系的假设，即支序图（cladogram）得出后，应用同样的方法，通过各类群间在同一区域的共同分布形式可推断出这一类群的生物地理历史。

支序分析方法在历史生物地理学中得到应用并产生了分替生物地理学。每一个组建的生物分布历史都是一个假设。这样的假设以及它们所包括的假定，即支序图可以用事实与之是否符合来检验。生物地理的假设可以用该地区的地质历史资料、其他分布在同一分布区类群的地理历史以及该类群的化石记录来检验。虽然分替生物地理学的方法论发展得到了广泛的重视，但用这一方法去研究具体类群还不多。但不管怎样，这一方法能使历史生物地理学家客观地定义生物的分布类型，建立有关研究间隔分布类群起源方式和年代的方法，以及评价有关过去“通道”和“滤阻”存在的假设。

七、动物和昆虫的发展历史

在这一部分，我们仅就与昆虫有关的动物和昆虫本身的发展历史作一介绍。

（一）动物的发展历史

地球历史的初期，生命还没有形成，因此不可能有生物化石。生命刚出现时（38 亿年前），原始的生命体也难以形成化石。因此，在太古代（距今 10 亿～45 亿年）生物化石是很稀少的，仅在太古代的后期发现藻类的化石。

1. 元古代。距今 6 亿～10 亿年，出现大量的同心藻化石。同心藻具有在水中吸收矿物质（主要是钙）的能力，这些矿物质与同心藻一起层叠沉积而形成大理石。

2. 古生代。距今 2.25 亿～ 6 亿年，是节肢动物形成和繁盛的地质年代。古生代的早期（寒武纪，距今 5 亿～6 亿年）开始发现原始的三叶虫和棘皮动物的化石；志留纪（距今 4 亿～4.4 亿年）是三叶虫繁盛的时代，不但种类多，而且数量大，生活于水中，成为当时最繁盛的动物类群；与此同时，开始发现原始的节肢动物和原索动物；泥盆纪（距今 3.5 亿～4 亿年）开始发现原始的昆虫和两栖动物，鱼类也开始发展；石炭纪（距今 2.7 亿～3.5 亿年）鱼类大量出现，开始发现爬行动物和原始有翅昆虫；到古生代的后期（二叠纪，距今 2.25 亿～2.7 亿年）昆虫的化石大量发现；在这以后，从化石中可以看到昆虫的发展趋势，爬行动物开始发展，特别是在水域中鱼类大量出现，以三叶虫为食，三叶虫的数量显著减少，大多数种类消失；在节肢动物中，陆生的类群得到发展。

三叶虫的发展、繁盛和最后绝灭是古生代的主要特征。古生代的后期，不少动物进入陆地生活，孕育着中生代动物的发展。

3. 中生代。距今 0.7 亿～2.25 亿年。在三叠纪（距今 1.8 亿～2.25 亿年）开始发现恐龙的化石，而且发现具有哺乳动物特征的爬行动物化石；侏罗纪（距今 1.35 亿～1.8 亿年）发

现大量恐龙化石，其中有水生的、也有陆生的，这类大型的爬行动物成为当时最繁盛的动物类群；开始发现原始的鸟类（始祖鸟）；中生代的后期，即白垩纪（距今 0.7 亿～1.35 亿年），出现多种形态的恐龙，其中包括飞龙，但最后恐龙都绝灭了。

中生代是以恐龙的繁盛为特征的。恐龙是在中生代一度昌盛而又绝灭的大型爬行动物；与此同时，昆虫继续分化，鱼类继续发展，鸟类和胎生的哺乳动物化石开始出现。

4. 新生代。距今 7 000 万年，是哺乳动物发展的时期。新生代的第三纪（距今 300 万～7 000 万年）哺乳类动物急剧形成和发展，一些种类形成现存动物的祖先，而许多种类却在发展过程中绝灭了；进入新生代的第四纪（至今 300 万年）人类出现，其他动物也形成了当代的种。

值得一提的是，在 5.3 亿年前的寒武纪（5.3 亿～5.7 亿年前），海底生物突然爆发式地发展起来，出现了各种各样的动物类群。1859 年 Darwin 在《物种起源》中，对寒武纪化石的突然出现表示极大的困惑，这一现象被形象地称为“寒武纪生命大爆炸”。这种地球早期生命演化过程的研究是当代国际生命科学前沿科学之一。我国云南澄江动物化石群的发现，使人们认识到 5.3 亿年前生命大爆炸式的进化非同寻常，是生命进化承前启后的一个关键时期。澄江动物化石群距今 5.3 亿年，是“寒武纪生命大爆炸”理论的重要支柱，它是目前世界上所发现的最古老、保存最完整的软体动物化石群（软体动物达 90%以上），其中有最早的脊索动物——云南虫、似蚯蚓的帽天山虫、似蚌的双瓣壳节肢动物和巨型食肉动物——奇虾类。远古时期只有动物骨骼可以成为化石，而肉体不复存在，软体动物同样不能成为化石，但澄江动物化石群却是一个例外，它完整地记录了动物类群突发性的进化过程，展现了“寒武纪生命大爆炸”所引发的生命多样性。

（二）昆虫的发展历史

昆虫比哺乳动物更早形成，其发展历史可分下面几个阶段：

1. 由多细胞动物演化到体躯分节，形成了环节动物式的动物。这是一个重要的发展阶段。这个阶段在寒武纪（距今 5 亿～6 亿年）前完成，那时已发现大型的海洋节肢动物——鲎。

2. 由分节的体躯形成分节的附肢，有了分节的附肢，则进入了节肢动物。分节的附肢的形成以鲎、三叶虫为最早。寒武纪发现的鲎和现在海洋生活的鲎很相似，现代动物的分类中把鲎列为独立的一纲（仅有 2 种）。昆虫的祖先与三叶虫联系在一起，而三叶虫在古生代的后期绝灭了。

3. 从水生进入陆生，这是昆虫发展历史中的又一个重要阶段。在三叶虫繁盛时期一些节肢动物进入陆地生活。原始的陆生节肢动物发现于志留纪，仍保留着第二触角和鳃，体躯亦未分化为胸部和腹部。

4. 陆生节肢动物的分化。原始的陆生节肢动物继续分化为 2 支，一支为原始的多足纲，另一支为原始的昆虫纲。原始昆虫无翅，最早发现于泥盆纪。

5. 有翅昆虫的形成，从无翅到有翅是一个重要的飞跃。有翅昆虫最早出现于石炭纪。到二叠纪已经发现大量昆虫，从化石的形式已可区别各目的特征，其中有小型的，也有大型的。曾经发现一种原始蜻蜓的化石，翅展达 70mm。

石炭纪至二叠纪的地质年代中，脊椎动物的爬行类才开始发展，而昆虫纲已经形成了。在爬行类继续发展和恐龙繁盛的中生代，昆虫纲继续分化，目已经形成，许多科也已出现并继

续分化。在新生代地层中，如我国辽宁抚顺煤矿，常可发现一些琥珀包藏的蚂蚁、小蜂等昆虫。琥珀是树脂的化石，这些昆虫被埋藏在树脂中与琥珀一起成为化石而保藏下来，已经有数千万年的历史了。这些昆虫可按现存昆虫的检索表区别到属，也就是说，与现存的昆虫极其近似。而在这数千万年中，哺乳类动物才进入急剧分化和发展阶段。

（三）陆地动物区系与大陆移动历史的联系

中生代是爬行动物繁盛的年代。到中生代后期（白垩纪）恐龙走向绝灭，开始出现鸟类和胎生的哺乳动物，昆虫纲的各目已经形成，出现了大量现存的科，进入属、种的分化时期。在这个地质年代脱离大陆的大洋洲区，动物开始了独立的演化过程。当时的地球大陆上仅出现低级的哺乳动物，其中以有袋类分布最广。在亚、欧、美各洲白垩纪的地层中都可发现有袋类的化石。当进入新生代的第三纪时，有袋类在大部分大陆中，被较高等的有胎盘类哺乳动物所代替，目前仅南美和北美还生存着少数种。因此，有胎盘类哺乳动物没有大量侵入大洋洲，使有袋类在澳大利亚大陆得到了发展，成为占主要地位的哺乳动物。在澳大利亚大陆生存着106种有袋类，如袋鼠、袋貂、飞袋鼯、袋熊、袋狸、袋獾、袋鼬等，都是该区特有的。此外，属于原兽亚纲的鸭嘴兽、针鼹和原针鼹（单孔类哺乳动物）也是大洋洲所特有的。大洋洲的真兽亚纲高等哺乳动物，如马、牛、羊是后来人类移入饲养的；狮、虎、豹、狼等猛兽在大洋洲是不存在的。大洋洲区的新西兰亚区，可能较早地离开澳大利亚大陆，高等动物更为贫乏，哺乳动物仅有2种蝙蝠和1种家鼠。澳大利亚大陆蛇的种类较多，其中大部分属眼镜蛇科，这类动物在新西兰却不存在。在新西兰，爬行动物保存着特有的原蜥亚纲——鳄蜥；由于缺乏蛇类，发展了特有的鸟类——无翼目，如几维鸟，翅完全退化，产大型卵，卵重达450g，相当于体重的1/5。

南美洲和非洲原来是连在一起的，到新生代的第三纪互相分离，这正是哺乳类动物激烈分化为各目的时期。因而南美洲独立演化成一些特有的目和许多特有的科。例如贫齿目（食蚁兽等）、阔鼻亚目（猿猴类古老的种类）等。非洲区也独立发展了一些特有的目和科，如蹄镘兔目、非洲鸵鸟目、长颈鹿科、河马科等。

印度大陆于中生代分离开来，但到了新生代的早期又重新与亚洲大陆连接在一起。印度大陆的动物在中生代处于独立发展的状态，但到了新生代以后的漫长历史时期中，古北区和印度大陆的动物存在着相互散布的条件。然而，印度大陆与古北区并合而形成了喜马拉雅山脉的自然屏障，因而仍保留了一些特有的目和科。

新北区（北美）与古北区（欧洲部分）分离的历史最短，在新生代的早期仍连接在一起。因此，新北区和古北区之间动物的高级分类阶元区别不大，仅在属、种之间的差别比较明显，而且还存在着大量近缘种和不少同时分布于新北区和古北区的种。因此，动物地理区划中常常把古北区和新北区合并为一个地理区——全北区（下属古北亚区和新北亚区）。

东洋区可分为印度亚区和马来亚区。印度亚区与古北区仅有喜马拉雅山脉分界，而马来亚区与古北区之间并没有天然屏障，动物区系的形成主要是两地之间气候条件的明显差异。因此，古北区和东洋区的动物种类有不少是交错分布的。

对昆虫纲来说，由于演化历史较长，在中生代已经形成了各目和大量的科。因而在各动物地理区内目、科之间的差别并不明显；由于相互隔离的独立演化，各地理区之间存在着大量不同的种。昆虫具有较强的迁飞能力，而且可以随风迁移，这又使一些种的分布范围甚广，

跨越动物地理区的界线。

第三节 生态生物地理学

在这一节中我们简要地讨论有关生态生物地理学的一些基本概念。

一、岛屿生物地理学的平衡理论

岛屿对生物地理学的影响很大，原因是显而易见的。岛屿和其他隔绝的生境，如山顶、泉水、湖泊和洞穴等，代表了同样（可重复）的“自然实验”。这些“自然实验”通常发生在由数十甚至数百个小岛组成的群岛上，这些小岛彼此大体相似，但又有差异，而这些差异足以使我们有可能找出决定物种分布的因子。

本世纪 60 年代，MacArthur 和 Wilson 提出了一个解释岛屿或其他隔离生境中物种多样性变化的理论，主要的观点为：①物种数量随岛屿面积的增大而增加；②物种数量随离最近大陆或其他生物物种来源的距离增加而减少；③由于物种侨居和灭绝的相反进展，物种组成一直在变化，但物种的数量基本保持一样。MacArthur 和 Wilson 认为一个岛屿上的物种数量反映了生物物种在这个岛上的侨居和灭绝过程的一种平衡，而这一过程与生物物种的分类关系和系统发育关系无关。虽然许多研究已支持了这个理论，但该理论的有效性还有待于进一步验证，因为对海岛上永久居住的物种，其历史的“转折点”还比较难以测量。

二、岛屿生物地理的影响因子

MacArthur 和 Wilson 的理论直接激发了有关岛屿生物地理分布和生态学影响因子的研究。研究发现，每个岛或每个群落都有自己对节肢动物的种的界限，一旦达到界限，就出现平衡。这种平衡不是静止的，在新种出现和侨居种灭绝的情况下则是动态的，然而物种的数量仍然保持平衡。因此，平衡数明显地依赖于节肢动物移入群落的速度和因迁出与灭绝而使群落内节肢动物损失的速度。岛上生物灭绝率大概也不相同，这不是由于岛与本土的距离远近而是由于岛的大小所决定的。当然，有效的定居种必须具有两个特性：①因为定居会有风险，必须有大量的后代；②后代的分散率要高，才能使空地住满定居者。

在用该理论研究一些隔离生境，如山顶、湖泊、洞穴的生物物种多样性的决定因素时发现，一些岛屿生境中的生物群落并不是处于平衡状态，而是从更新世以来一直在逐渐地增加或减少。Southwood（1961）对英国不同树种的昆虫区系进行比较时，清楚地看到，随着进化时间的推移，每种植物上的食草动物的数量都有增加的现象。岛上树木生存的时间越长、数量越多（根据第四纪植物化石记录的分析进行估计），生活在植物上的昆虫种类就越多。

物种扩散能力和对灭绝敏感程度的差异，对海岛或其他岛屿生境中的物种种类产生重要影响。

种类组成和数量的差异直接造成岛屿间和岛屿与大陆间生物竞争方式或捕食关系的不同，而这些差异反过来又造成种群密度和生态位特性的差异。

种间相互作用的关系在岛屿物种的进化过程中起着重要地作用，造成不同物种不同的灭绝途径，其结果是形成一个物种不同类群的“循环”，一个物种的种群侨居到岛屿上，并在进化中处于优势，之后竞争力减弱，最终被更具竞争力的侨居类群所代替。Metcalf 和 Luckmann

(1975)在讨论岛屿生物的定居问题后指出：群落内节肢动物种的数量是与五种主要因素密切相关的：①植物种的多样性；②植物结构多样性；③群落与迁移者来源地的距离；④迁移所需时间的长短；⑤食草动物及其寄主植物共同发展所需的时间。

三、陆地和海洋生境中的物种多样性

地球生物圈内包含着丰富的生物资源，据保守估计，全世界大约有500万～5 000万种生物物种。这多种多样的生物组成了一个丰彩多姿、包罗万象的纷繁世界，同时形成相对平衡的生态系统，从中生息繁衍。长期以来人们依赖于这个多种多样的环境条件而生存。但实际上被科学命名的不过140万种，仅占2.8%～28%，说明人类对整个生物圈还知之甚少。其中以热带雨林中的生物多样性最为丰富，几乎占了物种总数的1/2（见表1）。据估计，全球维管植物25万种，菌物种数在150万种以上，而迄今已被人类认识和描述过的菌物约69 000种，仅占其总数的5%；中国已报道的不到1万种。按推算，我国自然界存在的菌物总种数将在20万种以上。全球昆虫现在已知75万种，占全世界所有已知物种的50%。然而昆虫学家认为最终的统计数可达3 000万种。1980年，科学家被热带森林里巨大的昆虫多样性惊呆了。在巴拿马一个仅仅对19棵树的研究中，共得1 200种甲虫，其中80%以前没有定名。在温带森林，仅1m^{2}的面积就能容纳20万个螨和数十万个其他种类的无脊椎动物。同样面积的热带草地，能容纳3 200万个线虫；1g同样的土就可能有9 000万个细菌和其他微生物。海洋系统也显示出不容置疑的多样性。科学家深信，在深海底部可能有约100万个未被描述的物种(Thomas，1990；Grassle，1989；Grassle等，1990)。

表1　主要生物类群已定名的物种数（Wheeler Quentin D.，1990）

类　群	数　量	类　群	数　量
原核生物界（细菌和蓝绿藻）	4 760	软体动物门	50 000
真　菌	46 983	棘皮动物门（海星等）	6 100
藻　类	26 900	昆虫纲	751 000
植物界（多细胞植物）	248 428	非昆虫节肢动物门	123 161
原生动物门	30 800	鱼　纲	19 056
多孔动物门（海绵）	5 000	两栖纲	4 184
腔肠动物门（水母和珊瑚等）	9 000	爬行纲	6 300
扁形动物门（扁虫）	12 200	鸟　纲	9 040
线虫纲	12 000	哺乳纲	4 000
环节动物门（蚯蚓等）	12 000	合计	1380 912

据统计，中国已记录的主要生物类群的物种总数约83 000余种。中国原产作物237种，原产畜禽200种。中国现有栽培作物600余种，果树300余种，牧草425种，药用植物500余种，花卉数千种；另外拥有重要的野生经济植物3 000多种。中国的生态系统类型包括从热带雨林到北极苔原，从海洋系统到高山草甸，这些生态系统中的植物生命使中国成为世界上三个植物资源最为丰富的国家之一。中国已知有3万种维管植物，植物种数占世界总数的11%，其中约有240个特有属。另外，全世界1/8的哺乳动物、鸟类和鱼类生活在中国。中国有陆生脊椎动物2 340种；昆虫约占全世界的1/10，目前已定名的昆虫约为4.5万种，估计至少有

70%的昆虫物种有待于进一步发现或定名。中国同时也是栽培作物遗传变异体的一个中心。中国海域已记录了 20 278 种生物，以动物为最多，为 12 794 种；植物包括海藻 794 种、维管植物 413 种、原生生物有近 5 000 种。

对大多数生物而言，从两极到赤道物种丰富度迅速增加；在陆地生境中随海拔高度和湿度变化以及在水生环境中随水深深度变化，生物多样性又存在着明显的规则变化，但对造成这一分布形式的原因，生态学家和生物地理学家一直争论不休。生物多样性受地球历史事件（干扰）、环境生产力、环境严酷性、气候稳定性、生境异质性及生物间相互作用等因素的影响，但并不是所有这些因素都是主要因子。有些人认为造成多样性差异的主要原因是历史及历史事件的干扰；但也有同样的理由说明，环境生产力和严酷性是造成物种丰富度不同的地理分布形式的两个主要因子。

四、历史和生态学在物种和生物群落地理分布中的作用

亲缘关系相近的物种趋于分布在相同的地区，它们的分布幅度常常重叠；但尽管如此，种间竞争常阻止生态学特性相似的物种分布在一起。亲缘关系疏远的物种也存在相互作用，特别是当两个长期隔离而独立进化的生物群落接触时，其作用的结果不尽相同。有时两个生物群落保持自身的特性，独立存在；有时发生广泛的物种变换；有时则一个群落替代另一个群落。虽然对这些亲缘关系疏远的类群之间的相互作用难以了解，但它们相互作用的结果是在大的生物地理分布区内保持一定水平的物种多样性，这一事实说明在隔离的条件下，生物趋于能在进化过程中填满大多数现存的生态位。生物物种的趋同现象和在具有相似非生物环境条件而彼此隔离的区域内，整个群落能起相似的生态作用的现象支持了这一事实。

第四节 历史生物地理学一些派别的论点

历史生物地理学各个不同学派或分支，有其各自的基本观点。对生物地理分布起因的解释不同，在历史生物地理学中存在着两大相对的理论，即扩散论（dispersal theory）和分替论（vicariance theory）。扩散论用越过阻限的扩散来解释生物地理分布的形成，它与起源中心的观点相联系，认为生物不同的类群最早的来源是起源中心，物种从中心分别扩散到新区。分替论的奠基人 J. D. Hooker 在对南极、新西兰和塔斯马尼亚的植物研究（1844～1860）之后认为，在历史上曾存在过一个古老的南方大陆植物区系，后来由于地球表面的运动而碎裂了，并因气候恶化而萎缩，形成了多个独特的生物区系。分替论以地球变动为依托，扩散论则以地球不变为根据。随着 20 世纪 60 年代大陆漂移学说（地球板块构造和海底扩张学说）的普遍接受，以及支序分类学的兴起，分替论渐渐地占据了生物地理学的主流。Croizat（1964）的空间、时间和形式三位一体、生物与地球一起演变的泛生物地理学（panbiogeography）观点开始成为分替论的理论基础，而支序分类学则为分替生物地理学提供了合乎逻辑的方法论，于是分替生物地理学得到了蓬勃发展，对重建生物地理历史的原理和方法的探讨成为一个新的热点。目前在历史生物地理学范围内因研究方法和途径的不同而产生了不同的学派，有扩散生物地理学、泛生物地理学、系统发育生物地理学（phylogentic biogeography）、支序分替生物地理学（cladistics vicariance biogeography）和特有性俭约分析（parsimory analysis of endemicity）等等（参见图 4）。

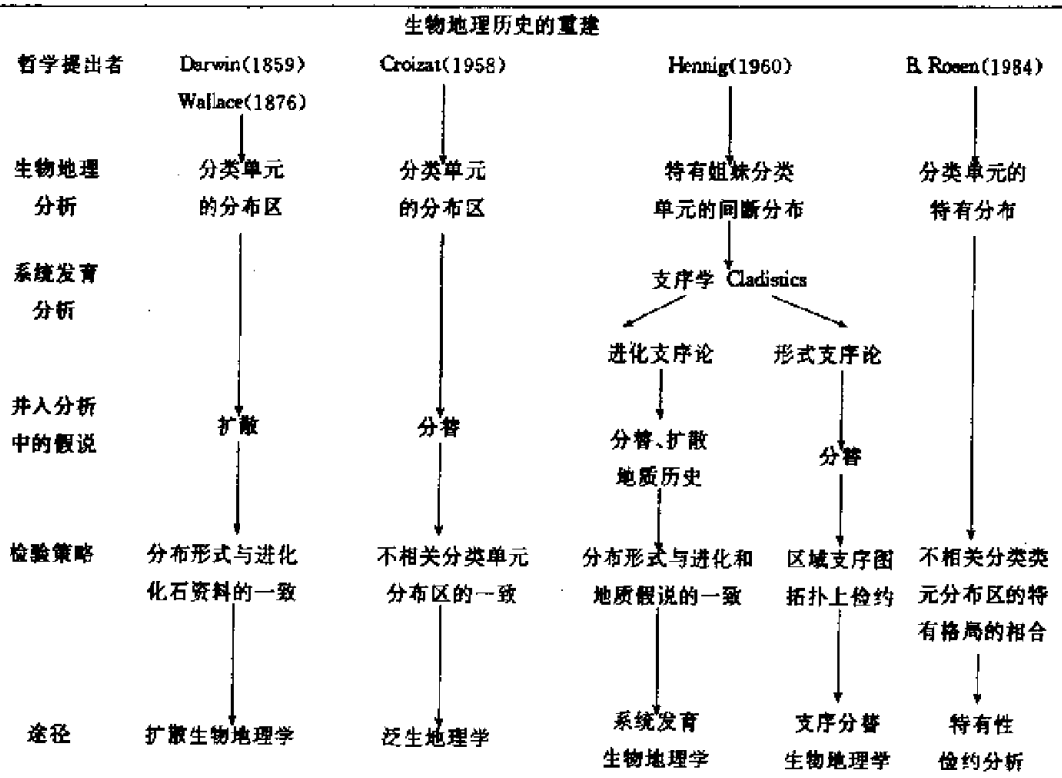

图4　使用不同分析技术的生物区系历史的重建途径(改自Myers和Giller, 1988)

一、扩散生物地理学

扩散生物地理学 (dispersal biogeography)，也称进化生物地理学 (evolutionary biogeography)，它是自 Darwin 和 Wallace 以来统治生物地理学一个多世纪的学派，其代表人物有 Darwin (1859)、Wallace (1876)、Matthew (1915)、Darlington (1957) 和 Simpson (1965)。该学派用穿越阻限的扩散并结合进化论来解释生物地理分布的起因。种群越过业已存在的阻限而扩散，然后形成隔离；当一个物种扩散到很大的区域，接着其中间类型的种群灭绝，从而与祖先种群明显分开；较进化分类单元起源于一定的地区，经过分化逐渐在此起源中心形成新种，即物类最早的来源区域是起源中心；新种产生后向外扩散，替代旧种位置，把旧种推向边缘地区；一个分类单元中的进化成员应该分布在起源中心，比较原始的旧的成员应该分布在起源中心以外的边缘地区，种类最丰富的地区、可能便是起源中心；最古老的化石应分布在起源中心地区；生物在其生理与生态条件许可的条件下，尽量向外扩散，进化种类把原始种类推向（排挤到）边缘地区。

扩散生物地理学者的观点是基于地理表面无变动而设想的，至于进化类群应在起源中心附近出现，又是基于累进进化观点而形成。自大陆漂移学说问世后，上述学说的许多观点便发生了动摇。由于远距离扩散是不常有的事件，所以用扩散来解释间断分布现象，也存在一定的疑问。

二、系统发育生物地理学

系统发育生物地理学的代表人物是 Hennig (1960)、Brundin (1966, 1972) 和 Ross (1974)。Hennig (1950, 1966) 首先将支序分析 (cladistics) 应用于生物地理学，用支序图来决定单系群 (monophyly) 的起源中心和分布历史，认为物种与其分布的空间有密切关系；近缘种类在地理分布中有互相替代的倾向，高级单元之间往往有不同程度的分布重叠现象；不同单系类群之间具有相同的分布模式，反映了它们可能具有相同的生物地理历史；原始种类在其类群的起源中心分布或其附近分布，并在系统发育过程中由此向外扩展，因此，较进化的种类占据分布区的外围地区，这就是累进定则 (progression rule) 。Hennig (1966) 曾把双翅目昆虫瘦足蝇 *Mimegralla albimana* 的地理宗做了分析，认为该种是由一组亚种所组成的，形态上最原始的亚种在地理上分布于最西边，比较进化的亚种则逐渐依次向东分布。Hennig 认为物种分化与形成，一般的说，就是异域种群的现象，也包括少数隔离在边缘的个体。他相信扩散与物种形成有因果关系。Brundin (1966) 对摇蚊的分布做了更详细的分析，结论也与累进定则相符。他们的工作证明支序分析可以使生物地理学更为精确，对各个种群推断的扩散最少。他们都先给出单系的支序图，然后结合地质历史进行分析。

系统发育生物地理学者的观点，已比扩散论者的观点在方法论上向前推进了一步，但仍基于类群起源中心和扩散的假设。有人认为累进定则只以一个简单的物种分化模式作为基础，而事先假定边缘隔离与物种形成相伴随，这正如假定远距离扩散与物种形成有关一样，有同样的方法论上的缺陷。其次，它对不同类群（非亲缘）分布形式的多次重复现象不能做出合乎逻辑的解释，因为不太可能在不同类群中出现多次雷同的扩散事件。最后，只用自己做的分类单元来解释问题，而没有更广泛地研究其他类群，这也是缺陷之一。因此，在 Hennig、Brundin 和 Ross 之后，Nelson，Rosen 和 Platnick 等人将支序分析方法在生物地理学中的应用与 Criozat 的泛生物地理学结合起来，使生物地理学在方法论上有了较大的发展，并在 70 年代后期产生了支序分替生物地理学。

三、支序分替生物地理学

扩散论者通过越阻扩散解释间隔分布，而替代论者则用阻限的出现而使祖种割裂的分替解释分布。因此，到底是扩散还是分替是造成间隔分布的原因？分布资料一项不足以解决这一问题。分替生物地理学强调不能将间隔分布视为扩散的结果，造成间隔分布的最直接的原因是分替而不是扩散。因此，主张先研究各分类单元间何以有相同的分布形式，然后才能研究其如此分布的原因。在方法上，应用支序分类方法中通过三个分类单元间比较，即与共同祖先相对近度的分支图来表达它们之间关系的原理，通过三个生物地理区域间比较，即与共同祖先生物区系的相对近度的支序图来表达区域间的关系。区域支序图 (area cladogram) 可通过将分类单元间的支序图中分类单元替换成相应的分布区域而得到。通过比较分布区内有关的而又非亲缘类群的区域分布图得到一般性的区域分布支序图，并可用与祖先生物区域相对近度的一般表达相同的特殊形式加以证实。

下面仅就 Rosen (1976)、Platnick 和 Nelson (1978) 的方法做一简要的介绍，详细的方法步骤及例子参见原文或 Humphrics 和 Parenti (1986) 及 Myers 和 Gillers (1988) 的专著。

（一）分替生物地理学：Rosen（1976）方法

Rosen（1975）开始把 Croizat 的“分替方法”应用于加勒比海地区生物地理学的研究，这是首次将泛生物地理学与支序分类学结合起来，所以研究的类群全部为单系，而不再是 Croizat 的泛生物地理学例子中那样是并系和单系共存。其方法是把单系群（monophytetic groups）的间隔组分分布标在地图上，并用一条线把每个组群的区域连接起来，这样的线即轨迹（track）；在连结姊妹群（sister group）（化石或现存）的轨迹一再叠合的地方，这些轨迹简化为一条一般性轨迹（generalized track），它所连结的两个或多个生物区则被假设是单一祖先生物区系的分替产物或碎片，这就是轨迹分析（track analysis）；最后通过分替事件顺序与历史地质学资料的比较，解释这些碎裂了的形式，也即这些轨迹分布历史的含义。

但是 Rosen 方法的应用，起初就遇到当两个或多个类群一起比较时，在一般性地域支序图中得到了不一致和无法解决分布形式的问题。理论上，无论扩散和灭绝所造成的结果多么复杂，将世界上每一个特有性类群区域结合到一个一般总体关系（支序图）中去是可能的；但由于自然过程的多样性，例如灭绝、扩散和一些特殊类群的有限分布，使我们对生物世界的观察变得模糊不清。这正如有关学者指出的那样，轨迹不仅表明区域间的关系，而是正如不一致的支序图那样，尤其表明了现存区域的复合性质。因此，要作生物和区域的满意比较，就要求区域分支图能与分类学支序图相比较，即要求一种不像轨迹分析那样一般化的技术。

（二）支序生物地理学：Platnick 和 Nelson（1978）方法

Platnick 和 Nelson（1978）提出了支序生物地理学方法，并解释了区域关系的定义，Rosen（1979）将此法应用于中美洲 Poeciliidae 科鱼类群分布形式的实际研究。这个方法通过做占据相同区域的各个分支单元的分支图，把支序分类学和泛生物地理学方法相结合，然后将各个支序图加在一起，推寻出一般性区域分支图，并对生物地理分布做出解释。

首先找出分类单元至少在三个或多个相似区域有分布的单系群，为每个分类单元画出分支图；然后将支序图上分支末端分类单元的名称换成其分布区域的名称，这样就成了区域支序图。每个分支的末端是区域。一个支序图上的区域之和就等于一条轨迹；几个支序图上相似区域之和就是一般性轨迹；为了得到生物区域支序图，需将各个支序图加在一起；然后在所有的支序图上删去独特的、未决的或不一致的组合，就得到了删简区域支序图（reduced area cladogram），最后推论出共同分布型式，即只反映分类学区域之间关系的生物区域分布图。

对生物地理学资料分析最困难的问题是合适分析方式的选择。正如 Croizat 指出的那样，生物地理分布形式常常重复出现，而且包含大量的多余信息。在分析时，通常将一个类群的生物地理资料与另一个类群相加在一起，但这决不是一件容易的事，因为 2 个支序图不会完全相同，这是由于每个支序图可能会有缺失、多余、独特和部分重叠等地区所造成的。为了解决因简单地删除这些资料而造成分析结果的不全面，目前在支序生物地理学中应用了一些其他方法来解决这一问题：组成成分分析（component-analysis）、一致树（consensus trees）（Nelson 和 Platnick，1981）和俭约性方法（parsimany method）（Mickevick，1981；Blooks，1981，1986；Zandee 和 Roos，1987）以及不考虑特有性分类单元系统发生关系的特有性俭约分析（Rosen，1984）。

总的说来，分替生物地理学的理论和方法目前主要仍仅停留在理论的探讨阶段，真正在

实际工作中具体运用的还不甚多。其原因除历史较短外，主要在于目前经过支序分析方法认真研究的类群尚少。而且运用此方法时，需要比较一系列亲缘关系相去很远的类群。但现代分类工作者又往往只熟悉有限的门类，在引用其他门类的系统发育分析结果时，不易做出很恰当的评价，因而造成困难。这一学派的观点和方法有以下一些缺点：一是过于简单，历史生物地理学过程往往是错综复杂的动态过程，受到诸种因素的影响。例如生物本身主动和被动的长距离扩散；气候-物理条件引起的整个生物相的大规模的缓慢迁移等等。该学派将其理论单一地立足于“分替”事件，即只强调隔障或已有较完整生物相的割裂作用而忽视其他，是不够恰当的。用这种方法得出的结论充其量只能反映出整个复杂历史事件中的某一侧面（“分替事件”），而不能代表全貌。另外，此学派工作方法的前提是认为不同类群只要现今的分布形式相同，即说明它们具有雷同的扩散历史，发生于同一时期，经历类似的途径。这也是过于简化的概括，有时事实并非如此。许多古生物学研究已经明确证明，现代具有同样分替分布形式的不同分类单元，很可能具有完全不同的扩散历史，“分替”事件的发生可以分属于不同的地质时期，相隔数千万年；也可具有完全不同的起源，经历各种不同的分化和扩散的途径。因此，现今分布形式的重叠并不一定能反映相同的历史。

尽管如此，一般认为该学派的方法逻辑性较为严密，有一套可以验证的工作程序。因而可以避免长期以来充斥于生物地理学领域中的任意的、假说性太强的工作方法，应该给予应有的重视和评价。

第三章　世界陆地动物地理区域和昆虫的分布

第一节　世界陆地动物地理区域

动物界可以分为陆地动物和海洋动物两大区系。一般把陆地动物地理区域划分为下列6个大区（或称为界）（见图3）。

1. 古北区（界）。包括欧洲的全部、非洲北部地中海沿岸和红海沿岸，以撒哈拉大沙漠与非洲区分界；以及亚洲的大部分，以喜马拉雅山脉至黄河长江之间的地带与东洋区相连。起源于北古陆，是被大西洋所分开的两块中大的一块，另一块较小的是新北区。有关这一古老联合大陆的生物学证据很稀少，但是蛩蠊目 Grylloblattodea，一个很奇特而无翅的原始昆虫类群，可能是北古陆起源的原始昆虫类群。它的名字意思是“蟋蟀 + 蠼螋”，它结合着这两类昆虫的某些特征，说明这类昆虫是直翅目 Orthoptera（蟋蟀、蝗虫）与网翅目 Dictyoptera（蠼螋、螳螂）由之进化的古老支系的残遗者。整个目只知道有7个种，分布于北美、俄罗斯、日本和我国的东北，生活在寒冷的高海拔地带，它们无眼，藏身于岩石之下。它们适应于这种很少有昆虫居住的环境是它们在同更进化的昆虫竞争中所以能生存下来的原因。北美洲的蚋型蛩蠊 *Grylloblatta campodeiformis* 是最著名的一种。

2. 新北区（界）。包括格陵兰、加拿大、美国（包括阿拉斯加和阿留申群岛，但不包括夏威夷）、墨西哥的沙漠和半沙漠地区，南到北回归线。从地质历史可知，古北区和新北区两区间生物的接触交往过去比今天更容易。这是因为白令海峡曾在一个很长时期内是一条真正的陆桥，即通道。而在冰川期以前的气候比现在要温和得多，使温带动物能向更北部分布。绢蝶属 *Parnassius* 能在古北区的所有山脉中找到，也出现在北美洲的落基山脉，但落基山以东的任何山脉中就没有这类昆虫。其他常见的蝶类，例如黄缘蛱蝶 *Vanessa antiopa* L. 是这两个区所共有的，而许多属在两个区中都有极相近缘的种类。动物地理学家常常把这两个区统一为一个区，称为全北区。

3. 东洋区（界）。包括自亚洲的喜马拉雅山脉至黄河长江之间的地带以南的热带亚洲，包括亚洲南部的半岛及岛屿，可分为印度和马来亚2个亚区。东洋区在北面以巨大的喜马拉雅山脉为界，同古北区分开。喜马拉雅山脉是印度半岛从南古陆向北漫长漂移后，同北古陆撞击时从古地中海升起的。虽然它同北方陆地已很长时间联接在一起，并同南方陆地分开，但它是南古陆起源的一个区。

4. 非洲区（界）。包括撒哈拉大沙漠及以南的非洲地区、阿拉伯半岛南部和马达加斯加，撒哈拉沙漠形成一条与古北区相连的过渡地带。非洲区是南古陆的残留物，但是从来没有离北古陆很远，在大陆漂移历史中比较早地就同北古陆相连接。现在它同古北区和东洋区之间被沙漠和狭长的地中海所隔离，但是在相当近的地质历史中，曾有过生物很容易从非洲区迁移到古北区和东洋区的时期。非洲区同东洋区有最接近的亲缘关系。

5. 新热带区（界）。包括墨西哥的热带部分以及中美和南美及其所属岛屿，西印度群岛也

包括在内，虽然它们可以被作为一个分离的岛区来考虑。在它同非洲分裂以后很长时间内，同新北区是分开的。分开的地点不是在巴拿马地峡地区，而在更北面，因此，中美洲应该是南美洲北方的一个部分。在新生代（从6 500万年以前到现在），有些树栖动物曾发生迁移，可能是通过在两大洲之间升起的各个海岛间流动的植物筏上迁移过去的。在上新世（700万年到200万年以前）从海洋里升起了一个连接陆地，大群新北区的哺乳动物向南移动，几乎使古老的新热带岛大陆上隔离的和高度特有的哺乳动物区系灭绝。以后石器时代的人类继续了这一过程，而现代人似乎完成了这一过程。然而，新热带区的昆虫还保持原有的状态，迄今未受侵犯，像大洋洲昆虫区系一样是不同于世界上其他区域的昆虫区系。

6. 大洋洲区（界）。包括澳大利亚大陆及其邻近的岛屿，西里伯斯、摩鹿加以及小巽他群岛在大洋洲区和东洋区之间形成一条过渡带。在大陆漂移历史的晚期，大约在5 000万～6 000万年以前，同南极洲分开；它完成向北移动路程，同印度大陆所移动的路程相似，达到亚洲的东洋区东南位置，但大洋洲区和东洋区从来没有被连续的陆地相连过。因而，独特的大洋洲区哺乳动物区系没有受到像古代南美洲区系所受到的那样剧烈的破坏。在东洋区和大洋洲区之间有复杂的海岛链，形成一个过渡地带，使有翅昆虫很容易在两区间来往。

动物地理区域是按照动物区系的特点划分的。动物区系的形成与地球上大陆的移动历史有关，也与生物起源和演化的历史有关。

第二节　昆虫的分布

昆虫的地理区域与动物地理区域基本上一致。陆地动物地理区域的6个大区，也即是昆虫地理区域的6个大区。

一、古北区

这个区的大部分是由欧亚大陆的温带陆地所组成，包括从西部一直伸展到亚洲东部这一巨大地区，以不列颠群岛和日本作为它的左右两侧。这一区域的昆虫区系非常一致。

（一）特有种类

舞毒蛾 *Lymantria dispar* L. 从前生活在东英格兰沼泽地上，但现在已在不列颠群岛灭绝，却是整个欧洲（北至丹麦和瑞典南部）的常见害虫，它的分布区域一直不间断地向东伸展到俄罗斯东部、我国东北和日本，上世纪末又人为地被带到北美并立足成灾。舞毒蛾一旦大量发生，就会吃光果园和林木的叶子，危害严重。雌蛾虽然有充分发达的翅，但并不飞行，仅在蛹壳附近产卵，而雄蛾则飞行能力很强，但它与未来世代的分布无关。那么，舞毒蛾是如何扩散的呢？原来舞毒蛾的幼龄幼虫体上长满了长毛，它们像蓟的种子或带丝的蜘蛛那样很容易随风飘扬，而且食性杂，几乎任何树木或灌木的叶子都吃，因此，它在任何地方降落都会生存立足。

莎草丝蠼 *Lestes sponsa* Hansemann 的分布也横穿古北区，但同舞毒蛾相比，明显地分布于较北的区域，较少深入到亚热带。像所有的蜻蜓和丝蠼一样，它的幼期在淡水中度过。它适应生活于几乎任何类型的静水，从沼泽地上的酸性泥炭水到接近海洋的稍咸的海水。对生存环境的这种忍耐力也许是它分布广泛的原因之一。

黄凤蝶 *Papilio machaon* L. 是具有另一类型分布的古北区种，发生于整个欧洲，向东到日本，但分布不连续。在中亚细亚，它从喜马拉雅山的西北地区向东一直伸展到我国的太平洋沿岸；黄凤蝶孤立的种群可以在哈萨克斯坦的巴尔喀什湖和俄罗斯的贝加尔湖附近见到；在俄罗斯的东南端和与之接壤的我国东北以及在堪察加半岛都有它的孤立的种群；在日本和俄罗斯萨哈林岛附近的小岛上也有分布；在阿拉伯南部还有一个边缘的种群，它是这种昆虫唯一深入到热带境内的种群。这些孤立的种群分别都是一个不同的亚种。

西方五月鳃角金龟 *Melolontha melolontha* L. 的分布更为局限，它广泛分布于不列颠群岛，向东伸展到欧洲大陆，但只达黑海以北的地区。西班牙、希腊、意大利大部、挪威和瑞典均无此虫。该种是一种严重危害的害虫，其成虫和幼虫都能造成危害，幼虫甚至比成虫更有害。

斑蛾属 *Zygaena* F. 的分布中心是在地中海沿岸（包括欧洲和北非），向西分布到小亚细亚，在这个中心区以外，它们逐渐地减少。所有斑蛾的色彩都很鲜艳，喜在阳光照射下鲜花开放的草地上缓慢地飞行。它们的体内含有一种有毒的体液，因此它们不被鸟所捕食。一只鸟只要曾啄食过它一次，以后一看到它们显眼的颜色就会回避它们，这种颜色因而就成为一种警告色。

伊比利亚半岛（西班牙和葡萄牙）是欧亚大陆西端的突出部，被比利牛斯山脉隔开，因此在生物地理学上比不列颠群岛更为孤立。有相当数量的动物种类，包括昆虫，几乎或者完全局限于这一区域，其中最引人注目的是西班牙月蛾 *Graellsia isabellae*，幼虫以西班牙南欧海松为食，它的分布只伸展到法国南部。这是古北区昆虫中少数分布极有限的特有种类的一个代表。与之相比，舞毒蛾和黄凤蝶可算是广布种了。

（二）北方-高山种类

北极地区和高山为昆虫生活提供了相似的环境。这些地区的昆虫种类要比低地少得多，但极地和高山的昆虫种类其个体数量可能会极多。在极地苔原，即极地冰盖以南的无树区，大群的少数几种蚊子和蚋（蚋属 *Simulium* Latreille）在夏季出现，人们必须穿防虫衣，甚至头戴防虫罩，才能防止成千上万的这种吸血昆虫的攻击。

北极和高山环境中的昆虫通常适应于酷寒条件下生活，常常身体很小而颜色深暗，这使它们能在阳光照射下更快地吸收热量。它们通常在有阳光时出来，停在阳光下或飞行，但是当太阳变暗或落山时，马上就躲起来，尽可能地保存体热。在蝶类中，几乎所有的山眼蝶属 *Erebia* Dalman 的种类是深褐色或黑色的，完全北方的极地眼蝶 *Oeneis bore* 是棕色的。几乎所有的绢蝶属昆虫都生活在山地上，但是绢蝶属的分布中心是我国西藏的山岳地带，在高海拔上遇到的种类要比低海拔种类的颜色深得多。

北方昆虫和高山昆虫之间的相似，从进化角度看，可视为趋同进化的结果，因为相似的环境可产生相似的特征。然而，事实上要比这复杂得多。一些相同的蝶、蛾以及许多其他昆虫可同时在北极地区以及南方的山地上找到，而在这两种分布地点之间相隔数百公里的低地则完全没有这些昆虫分布。这种分布即为“间隔分布”，上面谈到的黄凤蝶的分布形式也是一种间隔分布，而形成间隔分布的原因是多种多样的。

北温带陆地的近代地质历史可从一个侧面来考察一下这一分布形式。在过去的百万年中，地球经历了好几个（至少是 4～5 个）不正常的寒冷的气候时期，其间交替着比较温暖的时期，

相应地称为冰期和间冰期，而发生这种情况的整个时代通常称为冰川时代。当冰期开始的时候，雪线逐渐下降，在原来没有冰川的山上形成冰川，已有的冰川扩大了，并向低地推进。现在是温带的地区在当时则变成冰天雪地，非常寒冷。所有动物在冰的面前后退了。喜温的物种逃避到热带和亚热带，习惯于寒冷的物种跟着向南移动，而在山地的种类则向下移动。通过这种形式，欧洲在现在阿尔卑斯山和北极之间的大部分地区，被一个统一的适应于寒冷气候的动物区系所占据。随着间冰期的到来，这个过程就逆向进行。冰川和冰原缩小并后退，喜温的昆虫和其他动物从南方转移到低地，在北方低地的昆虫则再向北迁移，而那些分布于南方山脉的昆虫则采取一个更容易逃避温暖的捷径，即沿着山坡越升越高。这样，在间冰期（我们目前所生活的时期就是间冰期），喜寒昆虫的南方种群只在寒冷的“岛”——高山上生存下来。自从最后一次冰川退却以来，刚过了 1 万年。从进化学时间尺度来衡量，这只是很短的一段时间。因此，欧洲低地昆虫和其他动物的后裔（植物也是如此）的北方种群和在阿尔卑斯山、比利牛斯、喀尔巴阡和巴尔干等高山避难所中的种群几乎完全相同，差异微小。

这种“北方-高山”的分布形式在几种欧洲蝶类中得到很明显的反映，有一种山眼蝶 *Erebia pandrose* 在北方和斯堪的那维亚西部分布于低海拔，而在比利牛斯山、阿尔卑斯山和欧洲南部的某些山脉中则分布于相当高的地方。一种白斑弄蝶 *Pyrgus andromeda* 也有类似的分布。

（三）南方种类

古北区的南端地中海沿岸、非洲的海岸和亚洲东南部的陆地是一个气候大部分温暖而干燥的区域，昆虫区系同北方的温带和寒冷地区十分不同。

沙漠蝗 *Schistocerca gregaria* Forskål 是这个地区最有名的特有种。它的分布区向南伸展到古北区南部以外，进入非洲，向东进入东洋区。在历史上每隔不定的时间，这种蝗虫常常降落在近东和中东的肥沃土地上，蹂躏这些地方。沙漠蝗并不是这里唯一的一种，但它是这些蝗虫中最可怕和最难控制的一种。沙漠蝗可被盛行风带走，如果这阵风是一个旋风或低气压的一部分，蝗虫将被旋转的风带到这个气候系统中的低气压中心，这里它们将集合成大群并在这块土地上产卵。通常这样的低气压中心是一些有雨水的地区，雨水将促使沙漠和半沙漠地区的植物暂时迅速地生长。蝗虫就以这样的方式跟随气候，使它们能够找到理想的地方，繁殖后代，形成巨大的数量，并成为产生迁移性飞蝗群体的中心。要预测蝗群可能发生的精确地区是困难的，因而沙漠蝗难以控制。所有成群的蝗虫往往出现两个不同的“型”，散居型和群居型。当这种蝗虫以一种较为无害状态生活时，蝗蝻是棕色或绿色的，过着散居生活方式，即为散居型；当它们大量地聚集在一起时，它们的外形和行为发生了变化，体色变为鲜明并倾向于集群，这就是群居型。

分布于古北区南部的另一个引人注意的昆虫是神圣金龟 *Scarabaeus sacer* L.，这种甲虫体长不到 3cm，却能把牛粪做成像人头一样大的粪球，用后足推着在地上滚。当它们找到一个合适的地点时，就把粪球埋在地下，于是这只或几只甲虫同粪球一起埋在地下，以它为食，一直到吃尽为止。然后再收集牛粪或羊粪制成另一个粪球，以同样方式滚动并将它吃光。神圣金龟以这种方式生活好几个月，但到夏末，一雌一雄成对结合，每一对甲虫埋一个粪球，并为粪球准备一个地下室，然后雌虫把这个粪球撕碎，重新做成一个梨状粪球，在狭的颈部，雌虫做一个小洞并在其中产一粒卵。此后，这对甲虫离开它，并把它们所做的地道填满，再到其他地方重复进行这一过程。卵在适当的时间孵化，幼虫以储藏的食物为主，在土室中完成

变态，翌春羽化为成虫。古代埃及人把这种甲虫的活动看作是他们所想像的宇宙转动的象征，以粪球代表地球，从日出滚向日落。因此，这种甲虫被尊敬为神圣的甲虫，用石头和陶器做成的甲虫形象常常可以在这个时期的考古遗物中见到。

（四）迁飞性种类

多数昆虫倾向于在孵化地附近繁殖。但是，已知有相当数量的古北区昆虫种类有季节性迁飞的习性，很像大家都熟悉的候鸟的迁徙，只是大部分的昆虫仅在春夏向北飞行，而没有冬季临近时向南返回的现象。在地中海区和欧洲北部之间就有一些这样具迁飞习性的种类。一些常见的（还有其他一些稀少和不太常见的）蝶蛾类不能在不列颠群岛、荷兰和丹麦这样的高纬度地区以任何一个虫态越冬。它们在非洲北部和欧洲南部繁殖，初夏向北迁飞。红纹丽蛱蝶 *Vanessa atalanta*（L.）是不列颠群岛最常见的一种蛱蝶，但是所有夏末看到的个体都是当年早期飞过英吉利海峡的双亲的后代。小苎麻赤蛱蝶 *Vanessa cardui*（L.）每年成群地离开非洲半沙漠地带的繁殖地，向北飞行。臧红豆粉蝶 *Colias croceus* L. 和花粉蝶 *Pontia daplidice* L. 也有相似的行为，但只是每隔许多年才有大量的往北迁飞。丫纹夜蛾 *Plusia gamma* L. 也有同样的情况，但不论迁飞还是繁殖都是大量的。某些大形天蛾像鸟一样有力地飞行，也向北迁飞。白薯天蛾 *Herse convolvuli* L. 是其中的一种，夏末出现在整个欧洲北部。

（五）室内种类

在寒温地带，人类在住处、工作和娱乐地点为自己创造了一个相当于干燥的亚热带的气候。有些亚热带昆虫就利用了这种环境条件，其中最重要的是各种蜚蠊，包括东方蜚蠊 *Blatta orientalis* L.、美洲大蠊 *Periplaneta americana* L.、澳洲大蠊 *P. australasiae* F. 和德国小蠊 *Blattella germanica*（L.）。从它们的学名来看，其原产地分散在地球上遥远的地方，但是实际上，这 4 种蜚蠊几乎都原产于非洲北部。它们侵入了地中海海港内的船只，因而在较早的历史时期被带到了整个欧洲和亚洲的城市，当越过大西洋的航海事业发展起来后又被带到了新大陆。鸣声悦耳的家蟋蟀 *Acheta domestica*（L.）生活在同样地区和亚洲西部的野外，但作为一种家养昆虫毫无疑问也有同样的历史。

二、新北区

包括北美大陆及其东北方的一些岛屿，格陵兰，北从阿拉斯加，南达墨西哥。在气候上，这一区与古北区极为相似，这两个区的动物区系（包括昆虫）也很相似。

新北区的蝶类与古北区的蝶类清楚地表现出它们在生物地理学上亲密的亲缘关系。北美一般的蝶群由凤蝶、粉蝶、眼蝶、小灰蝶以及弄蝶组成，其中大多数蝶类外貌与古北区蝶类相似。在古北区和新北区蛾类之间也可看到相似性，其种类和数量比蝶类更多。例如裳夜蛾属 *Catocala* Schrank 在欧洲有许多种类，北美也有不少种类。此外还有各种天蚕蛾。

（一）特有种类

周期蝉 *Magicicada* 是北美所有昆虫中最著名的一个类群，它有 13 年或 17 年的异常长的生活周期，以无翅若虫在地下度过全部发育历期。周期蝉共有 6 种，其中 3 种需要 13 年才能成熟，另外 3 种需要 17 年。它们分布于美国东部和中部，在这一分布区的南部都是 13 年周

蝉，在北部都是17年周期的，中间有一个广阔的重叠地带，在这里两种类型均有。在整个地区上，并非都是间隔17年或13年才出现，而是不同地区不同年份出现一批成虫。因此，在某些地方几乎每年都有周期蝉出现。每一批周期蝉相当于一个种群，它们彼此间隔离。周期蝉以鸣声来传送信息，只有雄性能发出声音，引诱雌雄群集一起。鸣声的识别似乎是同一批内的不同周期蝉种类相互隔离的唯一因素。对周期蝉这种生殖隔离的机制目前还不十分了解。

美国东部 *Photinus* 属的小型萤火虫，每一种都有自己一定型式的闪光，作为一种只有同类才能识别的密码。最普通的萤火虫 *Photinus pyralis* 的雄虫，闪光形式是：当它向前飞行时发出单一的半秒种的闪光，然后上升直飞，其飞行的姿态颇像“J”字；在大约2s准确地间隔后，雌虫用单一的闪光作出反应。雄虫不愿飞下去寻找弄错间隔时间的雌虫，并且雌虫也只对在其上面黑暗天空中成“J”字形发光飞行的雄虫有反应。另一种萤火虫 *P. consimilis* 雄虫发出迅速而连续的闪光，雌虫用2次闪光作回答。

在北美，与欧洲和温带亚洲的普通田蟋蟀同属（蟋蟀属 *Gryllus* Latreille）的蟋蟀种类有7种。这7种北美蟋蟀非常相似，只有根据习性和分布才能把它们分开。它们具有完全不同的鸣声并生活在不同地方。例如，森林蟋蟀 *G. vernalis* 生活在栎树山核桃林内，其他种类生活在草地上，而沙地蟋蟀 *G. firmus* 则生活在海岸边。它们的生活史各不相同。有的种以若虫越冬，到第2年春季羽化，而另一些种以卵越冬并且只在晚夏才羽化为成虫。它们的地理分布范围也不相同，尽管在大多数情况下是重叠的。上面提到的周期蝉、萤火虫和蟋蟀都是说明生物隔离中，除地理隔离外其他隔离类型的良好例证。例如，一些种类只在5～6月间是成虫，它们不能与在7～8月间成熟的成虫相遇并交配。还有一些蟋蟀只对它们同种配偶的鸣声有反应；而雌虫不愿意与鸣声不对的雄虫交配。

落基山蚱蜢 *Melanoplus spretus*（Walsh）曾经是北美危害很大的害虫，蝗群落到农民的土地上，在几小时内便使该地的农民变成赤贫。落基山蚱蜢原产地和繁殖地在科罗拉多、怀俄明以及蒙大拿一带的落基山山麓，这些毁灭性的蝗群可被盛行风携带到东南方向。19世纪70年代后期该蝗虫数量开始下降。另一个同样来自落基山且危害极大的北美种是马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata*（Say）。1824年在密苏里河流域首次发现它在茄科植物具角茄 *Solanum rostratum* 上取食。随着美国西部的开发，马铃薯被引入那里栽植，马铃薯甲虫也被带到那里并大量地繁殖进来，很快扩散并在1874年沿大西洋海岸定居下来；到1921年穿过大西洋到达法国，进而在整个欧洲，从西班牙到俄罗斯西部都有分布。马铃薯甲虫具有独特的耐受不同气候条件的能力，它似乎可以生活在任何人们能够种植马铃薯的地方。

枞色卷蛾 *Choristoneura fumiferana*（Clemens）是北美冷温带的土著种类，幼虫危害云杉、冷杉、落叶松、松以及其他针叶树梢枝上的针叶，是重要的害虫。它们可能大量发生，猖獗成灾，抑制树木生长，导致木材的巨大损失。幼虫吐丝结网，藏身其中并越冬，7～8月成虫羽化。防治非常困难，用飞机喷洒杀虫剂不完全有效果，并且大面积喷洒杀虫剂不可避免地导致环境污染。看来对枞色卷蛾最有效的防治方法是生物防治，用有效的寄生蜂、细菌或病毒等来抑制其猖獗危害。

甘蓝斑色蝽 *Murgantia histrionica*（Hahn）在得克萨斯州首次发现并向北扩展。它是甘蓝类植物的重要害虫。卵很奇特，像一个具黑环的白色小桶。若虫与成虫相似，只是体小，无翅，并具有黑色和橙色的斑纹，但花纹的配置与成虫不同。在南部，甘蓝斑色蝽整年活动；在其分布区的北部，冬季隐藏起来，温暖的天气则外出取食。

蜜蜂作为农作物传粉者在经济上的积极作用比作为蜂蜜生产者要大得多。只有一种蜜蜂产生大量蜂蜜，但传粉可由各种野蜜蜂像意蜂 *Apis mellifera* L. 一样来实现。大多数植物得益于蜜蜂的采蜜活动。因此，当果树开花时，人们常常把蜂箱设置在果园内。但还有一些重要的作物，它们的花不能得到蜜蜂有效的传粉，其中一种作物即是苜蓿。美国为了生产种子而种植苜蓿时，发现苜蓿只在相当荒野的、人烟稀少的地方才能获得种子，其理由是它的有效传粉者只是一种小形的散居野蜜蜂，即黑彩带蜂 *Nomia melanderi* Cockerell。这种彩带蜂产于北美西部很干旱的地区，它的数量与几乎所有野生动物一样，随着农业和人类居住的到来而减少。它的巢做在盐土或碱土中的土穴内，土穴彼此紧密靠近。犁地、排水以及其他人类活动可能破坏它的繁殖地，因此在农民所需要它的地方常常很少见到。

（二）外来种类

美国曾使全世界遭受马铃薯甲虫的危害，但它本身比任何一个大陆都容易受外来种类的影响，对于这一点我们将在第五章中详加讨论。舞毒蛾广泛分布于古北区，是侵入北美的许多害虫之一。它到达美国后，立即在大湖区和大西洋之间的地区定居并严重危害各种阔叶果树、观赏树木以及林木。日本金龟子 *Popillia japonica* Newman 在日本北部和南部是一种很普通的昆虫，幼虫取食各种植物的根，成虫取食叶、花和果；其卵或幼虫随着植物根部附近的土壤带入美国，1917 年首次出现在费城附近的苗圃里。这种甲虫在北美的东部找到了很有利的生活条件，没有寄生性昆虫（在东亚有它的天敌）控制它，因而大量地繁殖起来并且现在成为美国公园、果园以及玉米上十分重要的害虫。

新北区与古北区昆虫区系的相似性由于许多新热带区昆虫的入侵而发生了变化。这类昆虫在新北区南部为数最多，其中一些种类甚至已扩散到新北区温带的大部分，如玉米天蚕蛾 *Automeris io*（F.）。在南部一些州中也发现了 *Automeris* 属的一些种类，但它们更多的是生活在中美和南美。

从生物地理的观点来看，墨西哥棉铃象甲 *Anthonomus grandis* Boheman 是属于新北区和新热带区之间过渡地带的昆虫。1890 年后它开始从墨西哥向北扩展。在墨西哥，这种象虫取食一种与棉花有亲缘关系的野生植物。幼虫生活在棉铃或棉籽内，破坏种子和有价值的纤维，它们也在棉铃内化蛹，因此用杀虫剂很难防治。在墨西哥棉铃象甲到来之前，美国南部的农业过于集中在两种作物上，即棉花和烟草，而棉铃象甲迫使棉农走农业多样化的道路。

三、东洋区

东洋区是唯一几乎全部位于热带内的动物地理分布区，包括亚洲南部和位于巽他大陆架上的一些大岛（加里曼丹、苏门答腊、爪哇）以及菲律宾，东达帝汶岛的西里伯斯和小巽他群岛，形成一条过渡到大洋洲区的地带；在伊朗则有一个向西到古北区的过渡带；喜马拉雅山以及它的东部和西部的延长部分在古北区和东洋区之间形成一条从东到西的屏障。

（一）特有种类

排蜂 *Megapis dorsata* F. 是典型的东洋区昆虫，分布于该区东部的大部分地区且不在此区以外发生，与意蜂有较近的亲缘关系，但体形较大，腹部基部有一橙斑可以区别。巢由单张巢脾组成，巢脾垂直悬挂并且通常高挂于地面以上。在一株树上，多的可达 65 个巢脾，因

此一株树能支撑一个大蜂群。巢脾有时悬挂在高的山洞顶上或悬崖上，建筑物也常被排蜂用来做巢。每一巢脾都是一个分开的种群。单张巢脾上可有多达 7 万个巢室，所有巢室大小相同。雄蜂和蜂王个体不比工蜂大，而在意蜂中，雄蜂和蜂王的个体则比工蜂大得多。排蜂的巢脾不是永久的，这和意蜂显著不同。如果环境条件不利，那么所有排蜂可能放弃这一巢脾到别处另做新巢。这就是排蜂为什么迄今还不能驯化的主要原因。它们在一般情况下不注意在其巢下走过的人们。但有一种食蜜鸟，它们有取食蜂巢内幼虫、蜂蜜和蜂蜡的习性。它们干脆把蜂巢撕成碎片，排蜂因此被迫出现一种狂乱状态，可能攻击在其附近的任何活目标。如果看到食蜜鸟攻击排蜂巢时，千万不要去靠近它。尽管排蜂有这种可怕的本能，但住在加里曼丹丛林中的当地居民仍然经常去袭击蜂巢，通常是在夜间割取蜂蜜。

另一种小蜜蜂 *Apis florea* 也是东洋区的昆虫，个体比意蜂小，但具有颇似排蜂做巢的习性。它们也做一个单张的巢脾悬挂在树枝上，但巢脾内的巢室与排蜂不同，巢室有 4 种大小：靠近巢脾顶部的是贮藏蜂蜜的巢室，其下方为一较小的巢室区，用来饲养工蜂幼虫；再下面是较大的供雄蜂幼虫用的巢室，在巢脾底部的是蜂王巢室，最大。贮藏蜂蜜、工蜂以及雄蜂的巢室都是六角形的，而蜂王的大巢室是不规则圆筒形的。

织叶蚁（黄猄蚁）*Oecophylla smaragdina* (F.) 是又一种典型的东洋区昆虫，尽管在菲律宾以及向东在大洋洲区发现有不同的亚种。它们把巢做在乔灌木上，会攻击碰到做巢树枝的任何人，用上颚叮咬，并排出毒液。工蚁红色，雄蚁黑色，蚁后鲜绿色，非常奇特。织叶蚁做巢是一个特别的过程。成虫不能吐丝，只有幼虫有丝腺，但是幼虫不作茧，它们的丝被用来给整个种群作巢之用。当用树叶做巢或修补缺口时，许多工蚁咬住叶缘，使叶连接起来并保持所需要的位置，而另一些工蚁进入巢内带出活幼虫，用上颚轻轻地咬住这些幼虫，使幼虫像织布机上的梭在叶缘间来来往往，把叶片之间空隙结上丝网，从而把树叶连在一起。

在东洋区有一类种类很多的蛾子，其尖硬的喙是用来刺穿果皮并吸取其汁液的，俗称吸果夜蛾，取食各种果实，包括香蕉、番木瓜以及柑橘，在果园内造成相当大的危害。被害果实容易感染病害，发生腐烂而失去价值。许多种类仅限于东洋区，但也有的分布较广。如落叶夜蛾 *Ophideres fullonica* L. 具有极广泛的分布区域，从大洋洲区的北部经东洋区到热带非洲。

大乌桕天蚕 *Attacus atlas* L. 是东洋区大部分地区以及向东远至新几内亚的一些海岛上常见的大蛾，它可能是所有蛾子中最大的，属于天蚕蛾科，翅展可达 25cm。大乌桕天蚕有趋光性，晚上常常飞入室内，其淡绿色的大形幼虫常常在各种乔、灌木上取食，往往在化蛹前把所有树叶吃光。

布氏巨凤蝶 *Trogonoptera brookiana* 是东洋区蝶类中杰出的一种，像大乌桕天蚕在蛾类中一样。它广泛分布于马来半岛和巽他群岛，但爪哇没有分布。这和大巽他群岛的地质历史有关。可能在苏门答腊和加里曼丹分开之前的某一地质时期，爪哇较早地被大海分开。

马来半岛在泰国的西南角上与亚洲大陆相连，并且它的端部——马来西亚的部分位于苏门答腊和加里曼丹两个大岛之间。如果将马来半岛上的动物（不仅仅是昆虫），同时与毗邻的大陆和大巽他群岛，即苏门答腊、加里曼丹和爪哇相比较时，就会发现马来半岛的动物区系与岛屿比大陆有更多的共性。这似乎很难解释，因为马来半岛与大陆相连接，而与群岛之间却被海洋所隔开。然而，水下探测资料表明，在苏门答腊、爪哇以及加里曼丹的周围、菲律宾的巴拉望岛并伸展到马来半岛的周围是一个巨大而很浅的海域，在该海域以外，深度迅速

增大，马来半岛和群岛实际上站立在同一个大陆架上，这个大陆架从东南亚的一角突出，只要海水稍微后退或者把陆地稍微提升就会变成一个巨大而宽阔的、与大陆相连的半岛。在相当晚近的地质时期中，这个地区显然就以这一形式存在了几百万年，但侵蚀作用使它的山脉缓慢地降低并使它的山谷加深，直到它的大片土地与海平面接近。最近一次冰期使其地形趋于破碎。冰期时，当地球寒冷的温带部分被厚冰层所覆盖，那么多的水离开海洋，以致全世界的海平面下降，低于今天600～900 m，陆地相对加高给予河流新的生命并加速侵蚀。大约在1万年以前，当海水复又上升时，这个大巽他半岛的大部分又被水所淹，只有它的较高部分作为陆地继续存在。在它漫长的历史时期中，这个巨大的、位于赤道的大陆具有与北方大陆显著不同的气候，发展成它自己所特有的动物群落，其中许多种动物今天残存在群岛和较小的西马来亚半岛上。这一区域现在已被认为是东洋区内的一个动物亚区，即马来亚区。

（二）拟态种类

在东洋区热带森林里，许多昆虫赖以生存的、最显著的手段是隐蔽或拟态，这一进化适应常常达到惊人完美的地步，例如，枝蜡和叶蜡在东洋区的森林中十分丰富和多样。它们是相对大型且行动迟缓的昆虫，只能希望以隐蔽求生存，其中某些种类是拟态和保护色的非凡能手。枝蜡的细身和长足能冒充树枝、草茎以及类似的物体，不需要做多大的改变，尤其是加上它们停息时所采取的特有姿态可使之达到完美无缺。它们身体通常绿色或棕色，某些种类体色还能依靠表皮内色素颗粒的分散或聚集变暗或变淡。某些枝蜡是最大的昆虫之一，如大树蜡 *Palophus titan* Sjostedt 的体长可达30cm。叶蜡是模拟自然界物体而把自己隐蔽起来的最好例子。它们体绿色，身体两侧和足的某些部分变扁，前翅具有很象叶脉的网状翅脉，常常还有各种斑点，看起来就像叶上由于虫瘿或真菌引起的斑痕一样。

在东洋区西部，有一种印度枯叶蛱蝶 *Kallima paracletes*，在它停歇时，翅下表面的颜色和结构与枯叶十分相似，并且前后翅在一起时外形和叶片的外形极像，在后翅上还有一条短“尾”代表着叶柄。更有甚者是：一条从前翅顶端直到后翅尾端，贯穿两翅的暗色线条，模拟着树叶的中脉。这条线是否连续，是受枯叶蛱蝶自然停歇时两翅的位置所决定。这种在两个翅上形成一个一致图案的“伪装”，在自然界中极为罕见，可以说是巧夺天工。

斑蝥用具有恶臭气味、有毒的体液和警告色来保护自己。这种情况在热带昆虫中时常发生，包括某些蝶类在内。大部分种类的幼虫在某种有毒的植物上取食，有关的化学物质存留在昆虫体内。在整个蝶类范围内，通常整个科或属都有这样的保护方法。斑蝶科 Danaidae 所有种类都是有毒的。在其他科的蝶类中，如蛱蝶科 Nymphalidae，不时可以看到与某种斑蝶或其他蝶类相似的种类，它们是如此的相似，以至于很难区分。更为特殊的是：它们常常只是雌性的可食种类与不可食种类相似。在热带蝶类中（也在其他动物中），已知有许多这种相似的情况，它们说明了保护性拟态的现象。鸟类学会去避开讨厌的斑蝶（由于与众不同的外貌而认识它）。有时一种蝶类两性都是拟态的。而在另一些情况下，拟态种的雌性具有若干个互不相同的类型，每一种类型模拟一个不同的不可食的种。

英国生物学家 H. W. Bates 首次解释味道恶劣的蝶类被可食的蝶类模拟的简单的拟态形式；德国学者 W. Miller 发现不可食蝶类彼此之间互相模拟所采用的更精巧的拟态，因而人们把他们所提出的拟态分别叫做贝氏拟态（Batesian）和缪氏拟态（Millerian）。这两位生物学家都是南美洲亚马逊河流域的蝶类研究工作者。在南美洲有着世界上最美丽灿烂的蝶类区

系。

花螳螂 *Hymenopus coronatus* 似乎是另一种拟态的能手。当它完全长成时是一种外貌奇特的昆虫：身体乳白色，后两对足的股节宽而扁，前足与所有螳螂一样是捕捉足，体长而直，具完全发育的翅。这种螳螂的若虫在最后一次脱皮之前极为奇特，此时翅很短，不能用来飞行，身体的后部向背面反卷，整个身体呈淡粉红色。这种外表几乎是花的完美模拟，四足扩大，相当于花瓣，而身体相当于一个构造颇为复杂的花心。但这种“伪装”不是为了逃避敌害而是为了猎取食物。

四、非洲区

在生物地理学上，现代非洲区的北部被撒哈拉沙漠所隔离，而其他三面被海洋所隔离。但是北部的沙漠在历史上存在的时间，并不像分割新热带区和大洋洲区的海洋那样悠久。在三个南部大陆中，就它们的昆虫而论，非洲区具有最多的与北部陆地一样的种类。它们与东洋区亲缘关系最为亲密，其中许多属，甚至某些种，与东洋区是共同的。

非洲区的许多蝶蛾类使人们想起东洋区的蛾子和蝴蝶，一些种类在这两个区均有分布。如金斑蝶 *Danaus chrysippus* L. 和马齿苋蛱蝶 *Hypolimnas misippus* L.，雌马齿苋蛱蝶模仿有毒的金斑蝶，正如它在亚洲所表现的一样。吸果夜蛾也是这两个地区都有的，还有与东洋区种类相接近的枯叶蛱蝶和凤蝶等等。

(一) 特有种类

非洲区也和其他动物地理区域一样有它自己独特的昆虫种类。采采蝇可作为非洲区的一个象征性昆虫种类。“采采蝇”名称是指舌蝇属 *Glossina* Wiedeman 的所有成员，分布局限于非洲区，包括整个非洲热带部分年降水量超过 500mm 的地区。过去，采采蝇是深深地阻碍了人类文化在热带非洲发展的昆虫。所有采采蝇都吮吸脊椎动物的血，主要是大形哺乳动物，包括人类。它们不像蚊子和牛虻，雄性采采蝇也像雌蝇一样吸血。它们体内携带着各种锥虫(寄生性原生动物)，其中有 2 种锥虫可使人患可怕的睡眠病，另外 3 种使牛马患拿干拿病(nagana)，导致它们迅速死亡。这些原生动物的生活史是在采采蝇和受害者之间交替发生中完成的。当采采蝇吸血时，把这些原生动物随着唾液注入受害者的血液内或者随着血液又吸入蝇体内，通过这样的方式得到不断的传播。非洲当地的野生动物体内也存有这些锥虫，但这些动物对锥虫有免疫力，因而它们就成为牛马拿干拿病和人类睡眠病病原的储存宿主。

蝗虫也是在历史上给非洲人民造成过深重灾难的害虫之一。沙漠蝗主要分布于古北区南部，它也侵入到非洲区北部，南到乌干达，东到肯尼亚，西到尼日利亚，是最重要的毁灭性害虫之一。但在这条线的南部，还有其他两种非洲蝗虫严重地威胁着当地人们生存：非洲飞蝗 *Locusta migratoria migratorioides* (Reiche et Fairmaire) 不时地侵入几乎整个撒哈拉以南的地区；红翅蝗 *Nomadacris septemfasciata* (Serville) 则是较为南方的种类，西部以扎伊尔为其北限，向东则通过肯尼亚伸展到索马里。在野外的某些地理区域，通常是河流的三角洲或泛滥平原，是红翅蝗和飞蝗的“发源地”。拥挤蝗蝻产生群居型蝗，它们的本能是以紧密拥挤的蝗群去迁移，它们的增殖比散居型要快得多。这些蝗群是蝗灾的起源。红翅蝗的重要发生地在赤道附近和南部东非大湖周围。飞蝗的重要发生地在马里和尼日尔中部的泛滥平原。

白蚁可以说是非洲热带区的一项自然景观。在整个非洲区到处都存在着各种各样的白蚁，

它们在非洲的自然生态和人类经济中起着重要的作用。白蚁分布于所有热带地区，并能扩展到亚热带，但不进入冷温带纬度。在森林内，白蚁能把巨大倒木很快蛀空并将之吃掉，是少数能消化木质素的动物类群之一。没有白蚁的帮助，森林地表将被缓慢腐烂的倒木所覆盖而变得无法通行，森林里许多动物的活动将受到严重影响。与人们的关系方面，白蚁除了对建筑木材造成巨大的危害外，还引起其他一些问题。例如某些种类的白蚁会在地上做很大的巢，当土地开垦时，常常很难将它们搬掉，有时需要用炸药来炸掉，因为白蚁用粘土和分泌物做成的巢非常坚硬。

在南非的黑土墩白蚁 *Amitermes hastatus* 是一种无害的白蚁，它们只在柔软的朽木和其他植物上取食。它的巢半球形，黑色，直径约 61cm，由土粒和白蚁的分泌物粘合而成，从土中突出而呈土墩状，十分坚硬。在巢内，任何东西都被吃掉，包括死白蚁和所有脱下来的皮，然后排泄出来，再被吃掉，直到所有营养物质都被吸收光为止，最后只剩下淡黑色的胶糊状物质。

撒哈拉大白蚁 *Macrotermes natalensis* Haviland 分布广泛，遍布于非洲所有较暖和且有中等降雨量的地区。它们的巢常可高达 180cm 以上，圆锥形，或者呈不规则的垂直小尖塔，非常难以击倒。蚁王、蚁后生活在靠近巢中央的大“王室”内。木材是工蚁的主要食物，但木材只是部分被消化，排泄物呈海绵状堆集在巢内，形成特殊的菌床，其上生长出一种真菌，产生白色微小的孢子，可作为幼蚁的食物。非洲区的撒哈拉大白蚁和新热带区的切叶蚁之间明显地存在着趋同进化现象，这种趋同进化导致蚂蚁和白蚁之间的全部相似性。

纳米比亚沙漠是沿非洲西南部整个大西洋海岸的一条非常干旱的狭长地带，这里可以发现某些最稀奇古怪的非洲甲虫。纳米比亚沙漠是世界上最古老的沙漠之一，它蕴藏着在长期进化过程中以各种方式来适应在沙漠上生存的许多生物。其中有各种各样的拟步甲科 Tenebrionidae 昆虫。在纳米比亚沙漠里，这一科的甲虫有 200 种以上，几乎所有种类只在那里发现。有些种类外貌与一般的甲虫无异，但有的则不。如长足沙潜看起来颇像蜘蛛，它们在炎热的白天活动，很长的足使它们的身体高升在炎热的沙地之上。卡氏沙潜 *Lepidochora kahani* 是身体扁平的甲虫、足宽而强壮，具明显的缘边，夜出性，白天掘洞躲藏。如果被暴露在阳光下，它们会以惊人的速度消失，几乎像游泳一样向下钻入疏松的沙土内。

在蝶类中，斑蛱蝶科 Acraeidae 的几乎所有已知种类都是非洲区所特有的，这一科的蝶类象斑蝶科 Danaidae 一样是不可食的，体小形而狭翅，体色大多数是黑橙色或黑白色。正如人们所想到的，它们也被鸟类喜食的其他各种蝶类所模仿。非洲是 *Charaxes* 属蝶类的大本营，这些蝶类身体粗壮而美丽动人，共有 80 多种。只有少数种类发现于东洋区和南欧。它们极善飞翔，很难捉到，但可用腐烂的果实，如香蕉或凤梨诱捕。

非洲最大最美的蝶是一种凤蝶，即非洲巨凤蝶 *Papilio antimachus*，发现于西非和扎伊尔的雨林里，栖居于林冠层，其大小可与大洋洲热带的巨凤蝶相匹敌，但不同的是雄蝶较大，而不是雌蝶。非洲巨凤蝶翅展，雄者可达 23cm，前翅狭长，而雌蝶翅展只有 15cm。雄蝶常下到林缘小水坑旁饮水，但较小的雌蝶很少见。

凤蝶 *Papilio dardanus* 是非洲区的土著种，也是世界上奇特的蝶类之一。它的原始型是一种典型的凤蝶，翅淡黄色和黑色相间，后翅具有尾突，在马达加斯加和埃塞俄比亚，两性个体都具有这种外貌；但在非洲其他地区，雌蝶始终是某种不可食蝶的拟态者。在某些地方，所有这种凤蝶的雌蝶与非洲金斑蝶非常相似。在其他地方，它们的翅具有黑白斑纹，与斑蝶

Amauris niavius 几乎不能区分。有时这种凤蝶的两种色斑型的雌性在一起飞翔，这些凤蝶的雌蝶没有一个看起来像是典型的凤蝶，所有雌蝶的后翅都缺尾突。但是从它们的卵所发育的雄蝶始终有尾突并且是黑黄色的，当然幼虫和蛹都是正常的凤蝶型。

（二）马尔加什亚区

马达加斯加是个大岛，他与科摩罗群岛、马斯卡林群岛以及塞舌尔群岛一起，在非洲区内组成一个独特的亚区，通称马尔加什亚区。这个亚区非凡的狐猴区系以及最近灭绝的巨大鸟类都是大家所熟悉的，它的蝶类也很有趣。马达加斯加至少在 6 000 万年以前，大概是在蝶类进化之前，就与非洲大陆分离。因此，现在生活在这个亚区内的所有蝶类的祖先肯定是越海飞来的。大多数蝶类已有足够的时间在这里进化为独立的物种。在 301 种马尔加什蝶类中，有 233 种是特有种，完全局限于这个区域。正如人们所料想的，在那里发现的大多数蝶类明显是非洲起源的，但有 2 个亚洲的类型，它们在非洲完全不存在，却也在这里找到。它们包括：斑蝶科紫蝶属 *Euploea* 的 5 个种（此属斑蝶在亚洲种类丰富）和凤蝶科的马达加斯加棒尾凤蝶 *Atrophaneura anteror*。与它的亚洲近亲一样，马达加斯加棒尾凤蝶的幼虫也在马兜铃属 *Aristolochia* 有毒藤本植物上取食，毒素被幼虫和成虫保留下来，使它们成为不可食的。这种凤蝶不是靠模仿其他蝶类，而是靠具有不可食的特性及其自身所特有的外貌来保护自己。

在马尔加什蝶类中，亚洲型的存在是值得注意的，但马达加斯加燕蛾 *Chrysidia madagascarensis* 的存在更为异常，因为它的最近的亲属是新热带区的燕蛾属 *Urania*。可能这些蛾子过去分布很广，后来除了在这两个遥遥相隔的地区以外，其他地区均绝灭了，这是典型的间隔分布。

五、新热带区

这一区系的名称虽然叫新热带区，但是这个区南部却远远超过热带，其中只有北起墨西哥，南到玻利维亚、巴拉圭，以及巴西南部的地区位于热带范围内。中美和南美在一个很长的地质时期中作为一个岛大陆而存在，北部与陆地分割，正像大洋洲今天所存在情况一样。但是南美的植物和昆虫都远比大洋洲繁茂得多，这是由于这个大陆大部分地区有很丰富地降雨量，流经巴西、哥伦比亚、秘鲁和玻利维亚的亚马逊河形成了一个巨大的集水盆地形，造就了世界上最大的、连续成片的热带雨林，在这里蕴藏着十分多样而又高度特有的新热带昆虫区系。

南美和中美以及西印度群岛的蝶类，以一个整体来看，可以说是与世界上任何一个地区都不同的、最美丽的蝶类。有几个科几乎全部都只局限在新热带区，其中著名的大翅蝶科 Brassolidae，或称枭蝶，是新热带区独有的大形蝶类，通常具有不鲜明的颜色。它们最重要的特征是每一后翅下表面有一个眼形大斑，当翅拍动时，两个眼斑同时显示，从而产生模拟枭脸的效果，来吓跑敌人。新斑蝶科 Ithomiidae 和纯蛱蝶科 Heliconiidae 是另外两个重要的、几乎只限于新热带区的科。它们是不同的科，但形态上颇为相似，具有狭长的前翅和细长的身体。像斑蝶科一样，它们也以具不可食性来保护自己。但许多种类也是复杂得令人迷惑的拟态类群中的一员。纯蛱蝶具有一种古怪的习性，它们稠密地群集在特定的乔木或灌木上长时间地栖息，夜出的捕食者无法看到它们的警戒色，但大概能够觉察到大量栖息在一起的纯蛱蝶所发出的那种特有而又讨厌的气味而避而远之。除了这些特有科外，几乎所有广布的蝶

类科在美洲热带都有大量的种类，但许多种类具有奇异的色彩和花纹。

新热带森林中同样也有奇妙的蛾类。其中值得特别提出的是一种巨大的枭纹蛾，在某种意义上来说，它是世界上最大的蛾子，翅展有的超过 30cm。

在南美的温和和寒冷的部分，蝶类和蛾类以及实际上所有昆虫，数量大大地减少，但是生活在这个地区的某些蝴蝶则非常特别。如豆粉蝶属 *Colias* 的某些种类可分布到寒冷而多风暴的火地岛（南美的最南端）。豆粉蝶是古北区和新北区特有的蝶类，它们在智利南部和阿根廷的存在，只能有一种解释：假定高耸的安第斯山的寒冷气流给它们提供了从北部向南迁飞的路线。这种假定被豆粉蝶属一些种类沿安第斯山脉出现所证实。沃氏豆粉蝶 *Colias vauthieri* 是分布最广的南方种类。

巨大的犀金龟属 *Dynastes* L. 是新热带区特有的甲虫，尽管某些较小种类在本区的北部发现，西印度和中美洲的巨犀金龟 *Dynastes hereules* L. 大概是其中最大的，雄虫体长可达 15cm，其中包括它那突出于前面的两个角中的、长达 5cm 的上角的长度。这个上角是前胸背板的延长部分，而下角则是头部的延长部分，头部上下移动时，这两个角就能像钳子那样地工作。只有雄虫具有这样的角，角的功能还不清楚。两只雄虫发生战斗时，它们都试图用它来将对方举起然后摔下，但输者似乎并未受到多大伤害。尽管较小的个体始终被击败，但它们一般情况下仍像大甲虫一样成功地与雌虫交配。角作为防卫武器来对付可能的敌人似乎是无效的。

在甲虫中间，南美棕榈隐喙象甲 *Rhynchophorus palmarum* 是另一个巨人，体长约 3.8cm。大多数象甲（已知 4 万种以上）都是小形或微小的昆虫，但是在热带各地发生的各种棕榈隐喙象甲通常都是大形的。南美棕榈隐喙象甲是一种煤黑色的硬壳甲虫，卵产在各种棕榈树的柔软组织内，以前由于它只危害野生棕榈，而且它的白色大幼虫被当地人们食用，所以它是一种益虫。现在在这个地区某些地方仍把它作为食物，名字为“gru-gru”。随着可可树的引入和栽植，这种象甲的地位发生了变化，成为严重的害虫。幼虫在可可树髓部咬成坑道，致使树梢枯萎，以后树木很快枯死。在亚洲和非洲热带部分发现与棕榈隐喙象甲近缘的种类，其中某些种类胸部有红斑。所有这些象甲都危害棕榈、可可树以及非洲油棕，并且很难防治。

所有的热带雨林都有丰富的蚂蚁区系，但任何地方都没有像新热带丛林中那样丰富多样。其中最值得注意的是切叶蚁 *Atta*，它们几乎只限于在这一地区分布，只有得州切叶蚁 *Atta texana*（Buckley）发生于北方的得克萨斯州。常常能够看到工蚁在地上或者在枝条上爬行，许多个体带着从附近乔灌木树叶上切割下来的小片。它们携带这种引人注目的小叶片，致使人们把它叫做“伞蚁”。它们大群地筑巢，具有向地下伸展的深达 3m、半径达 30m 以上的坑道。每一蚁群约有 50 万头蚂蚁。工蚁很特殊，可以分化成许多类型，从大形的“兵蚁”到微小的“园丁蚁”，中等大小的工蚁则收集叶片。带到巢内的叶片不直接用作食物，而是把它们细嚼成堆肥，在这样的堆肥上种上特有的真菌。在菌圃内不允许其他任何菌类生长，工蚁随时进行管理，生产出称为“bromatia”的圆形菌瘤，成为蚂蚁唯一的食物。每一种切叶蚁常栽培一种特定的真菌。当切叶蚁的蚁后飞离旧巢去建立新蚁群时，口下方的小袋内带着真菌的碎片，从这些碎片可以长出新的菌落。这些切叶蚁是咖啡种植园和柑橘园内的重要害虫。

另一些惹人注目的蚂蚁是 *Eciton* 属的行军蚁。它们是捕猎性昆虫，不像其他蚂蚁那样有固定的“巢”，以 1 万～2 万只蚂蚁成一大群到处流浪，只营造临时的宿营地。营地有两种类型，随生殖周期的不同阶段而定。当蚁后产卵时，蚂蚁在中空的木材内营造供 3 星期用的宿

营地，并以此营地为中心，进行规模较小的狩猎；这时，前一生殖周期中老熟幼虫化蛹，并在稳定的宿营地里羽化。当所有的蛹全部羽化为成虫后，蚁后就结束产卵，整个蚁群离开宿营地，并携带着最近产卵孵化的幼龄幼虫。当这些正在生长的幼虫需要食物时，它们就在木材下面（而不在木材内）营造临时宿营地，在这种临时宿营地住上1～2天，然后离开。在这一时期内（大约2个星期），它们不停地猎取大量其他昆虫，供幼虫食用，当幼虫长成并准备化蛹时，生殖周期就又重新开始，在新的稳定宿营地上产卵。

原产于南美亚热带地区的阿根廷蚁 *Iridomyrmex humilis* (Mayr) 是一种微小的蚂蚁，当它于1866年在布宜诺斯艾利斯附近第一次采到时一点也不惹人注目，但后来它得了“世界上最有害的蚂蚁”的名声。25年后在新奥尔良再次发现了它，这显然是被航行南美的商船带来的。它在美国南部迅速地扩展，1907年越过大西洋到了葡萄牙，1908年带到开普敦，大约在1940～1950年之间，它到达澳大利亚的墨尔本、佩思和悉尼，并在南欧广泛地传播。阿根廷蚁显然是那些适合与人类共栖的昆虫之一。在室内，它是令人讨厌的昆虫并且很难消灭掉；在室外，它攻击伏窝的母鸡和小鸡，并侵入蜂巢；在果园内，它帮助蚜虫赶走它们的天敌。对于任何它所达到的地区的当地蚂蚁来说，它就像科学幻想小说中的、来自外太空的侵略者一样，对当地蚂蚁发起进攻并将它们消灭。

麦蜂科 Meliponidae 是一类社会性的无刺蜂，在这一科内，螫针发育不全，因而不能用作武器。它们分布于热带和亚热带地区，但麦蜂属 *Melipona* Illiger 的分布限于新热带区范围内。大部分在中空的树干或粗枝内做巢，并在入口处做一个蜡管或蜡嘴，大概是用来引导麦蜂回巢的。像其他社会性蜜蜂一样，麦蜂也有蜂王、雄蜂和工蜂之分，蜂蜜也以同样的方式贮藏在不用来繁殖的蜂房内。可是工蜂不像普通蜜蜂那样来喂养幼虫。在麦蜂巢内，每一巢室都装满花粉和蜜，蜂王产卵一粒，然后密封，其结果是成虫和幼虫之间不接触。在麦蜂种群内，幼虫没有机会从工蜂咽腺中得到能使雌幼虫发育为蜂王的特殊物质。因此麦蜂幼虫如何发育为蜂王，还不清楚。这种情况看起来好象是：不是依靠幼虫的食物，而是依靠遗传的基因。有人曾经提出一个相当复杂的遗传系统来解释这个事实。

六、大洋洲区

大洋洲区的主要大陆是澳大利亚大陆和塔斯马尼亚以及靠近大陆北部的新几内亚岛。正如爪哇、苏门答腊以及加里曼丹各岛位于从亚洲延伸的大陆架上一样，新几内亚及其邻近各小岛位于从澳大利亚大陆延伸的萨胡尔大陆架上。阿鲁群岛是萨胡尔大陆架上最重要的小群岛，附近是摩鹿加（包括哈尔马赫拉岛）、布鲁岛和斯兰岛，它们稍稍离开大陆架，位于较深的海水中，可被看作是大洋洲区和东洋区之间的过渡区域。这些群岛与新几内亚一起组成一个大洋洲区的巴布亚亚区。在新几内亚的东部是俾斯麦群岛和所罗门群岛，具有一个基本上属于澳大利亚区系的动物群落，因而也包括在本区内。

大洋洲区在中生代某一时期就被海洋与大陆的其余部分隔离（南极洲除外），因此，目前还存在许多古老类型的动物。以前这些古动物也在其他大陆上生存过，但其他大陆上的这些古动物在与更进化的动物竞争中绝灭了，只有在大洋洲区幸存了下来。其中大家所最为熟悉的、也是最突出的是哺乳动物，包括目前仍然生存着的有袋类（除美洲的负鼠外）和奇怪的卵生哺乳动物（鸭嘴兽和针鼹）。大洋洲昆虫区系与其他地区相比，其差异要比大多数脊椎动物的差异小得多，但在大洋洲昆虫区系中仍然还有某些值得注意的“活化石”。

蜻蜓是一类原始的昆虫，古蜓科 Petaluridae 的一些种类是现存的最古老的蜻蜓。该科已知 9 种中有 4 种产于大洋洲。古蜓的习性与其他蜻蜓很相似，但幼虫与现代高度进化的蜻蜓幼虫不同，它们不是完全水生的。古蜓幼虫生活在沼泽地上，挖一个土穴，穴中大部分被水充满，但向着位于水面上的潮湿苔藓或其他植被开一个口。对它们的习性了解不详，某些幼虫好像是在土穴口等待并捕捉爬近土穴的其他昆虫，而另一些幼虫则外出搜捕其他昆虫。已知 1 种古蜓幼虫能活 5～6 年，幼虫寿命长可能是所有古蜓幼虫的共同特征。

蝙蝠蛾是现存最原始蛾类之一，最显著的古老特征是前后翅的脉序几乎是一样的。蝙蝠蛾的种类以大洋洲区为最多，其他动物地理区都不多。全世界已知约 200 种，其中大洋洲区约有 100 种。它们又是代表大洋洲昆虫区系的另一个残遗成分，可能早在中生代时期是当时占优势的鳞翅目，现在存活的是残遗的代表。大洋洲蝙蝠蛾的大形白色幼虫曾一度成为当地土人食物的一个相当重要的组成部分。

从历史学的角度看，蟑螂是白蚁最近的近亲，几乎无疑是白蚁在进化上的祖先。一种大洋洲白蚁，即达尔文澳白蚁 *Mastotermes darwiniensis* Froggatt 是澳白蚁属 *Mastotermes* Froggatt 现存的唯一代表，在证实白蚁起源的理论上提供了充分的证据。正如所有白蚁所做的一样，这种澳白蚁成群地生活并营巢。但它有一系列原始的、像蟑螂那样的特征，它的生殖个体（“后”和“王”）非常大，翅展可达 5cm，群落却异常小。这种白蚁在后翅后缘上有明显的臀叶，类似蟑螂，并且雌白蚁的产卵器也是蟑螂型的。蟑螂把卵产在卵囊内，卵通常排成 2 列。在白蚁中间，只有澳白蚁把卵产在类似囊状的构造内，每块有卵 24 粒，排成 2 行，每行 12 粒。与澳白蚁邻近的化石采自始新世地层，已有 5 000～6 000 万年历史，原始白蚁在这一时期之前大概已长期存在，但明确可辨的化石还没发现。尽管它有很古老的世系历史，但澳白蚁一点也没有像其他残遗动物那种稀少而衰败的迹象；相反，它们数量众多并且是毁灭性的昆虫，广泛分布于南回归线以北地区（括海岸和内地）；食物范围也很广泛，危害建筑木材的速度很快，2～3 年内就可把房屋全部毁坏，也危害各种储藏的产品，如纸、面粉、干草以及橡皮等，活树、灌木和蔬菜也深受其害，并且还是甘蔗的重要害虫。在自然条件下，它们常常把树枝和小树髓部吃空。

大洋洲的一个非常有趣且无害的白蚁种类是罗盘白蚁。这种白蚁取食干草，与南非黑土墩白蚁同属（*Amitermes* 属），分布区非常局限，只限于达尔文城周围 80 公里的区域内；它那大形的地上巢十分引人注意，巢的方向十分精确地朝着南北方向。巢高 365cm，长度通常较小；从顶端看，巢呈细长形，地表宽 92cm，向上很快缩小到 46cm，然后逐渐达到具有较细的锯齿形的端部。在宽大的基部以上，一面略微凸出，另一面垂直，土墩的长轴始终是成南北方向。几乎所有坑道正好在地上巢表面下，有少数通道从一侧通向另外一侧。巢由一层薄的外壳和一个坚硬的核心组成，每侧在外壳和核心之间夹着一层海绵状的结构。巢的方向一致的目的是减小巢内温度的急剧变化。

牛头犬蚁是大洋洲的常见昆虫，属于蚁科中独特的 Myrmecinae 亚科。这一亚科的全部蚂蚁种类只分布于澳大利亚和塔斯马尼亚范围内。像澳白蚁属 *Mastotermes* 一样，牛头犬蚁也是早期地质时期的残遗，是体长 2.5cm 以上的大形蚂蚁，具有可怕的螫针和鲜明体色。它们做土墩或由挖掘出来的土粒堆成杯形口为标记的巢。爬行迅速，并有跳跃 18～20cm 距离的能力，这在蚂蚁中是稀有的。在群体的结构上，这种蚂蚁显示出明显的原始特征。其中之一是群体由 500～2 000 个体组成小蚁群；较高等的蚂蚁群体远远大于这个数目。通常具有一个与

工蚁没有很大区别的蚁后，并且没有以吐出液体食物口对口饲喂的习惯。每只蚂蚁都各自搜寻食物，主要取食花蜜，并收集其他昆虫作为幼虫的食物。在巢内，它们把昆虫身体切成碎片来喂饲幼虫，这些幼虫比其他大多数蚂蚁的幼虫的活动能力大得多，当食物缺乏时，会互相残杀取食。另一个原始特性是：工蚁缺乏引导或呼唤其他工蚁到它所找到的食物来源地方去的能力，而这种习性又是高等蚂蚁的特征之一。显然，这些原始蚂蚁的活动能力、大形个体以及可怕的螫针证明它们不是那些在其他大陆上发展起来的、具有复杂组织性蚂蚁的对手，在大洋洲作为一个优势类群存活下来，只是因为在澳大利亚大陆只有少数数量不大的高等蚁类存在，这是由于长时间隔离的结果。

虽然新热带雨林就蝶类数量和种类而论是相当丰富的，但最美丽的蝴蝶可能生活于大洋洲区巴布亚亚区的雨林内。东洋区也有某些大形凤蝶，如布氏巨凤蝶 *Trogonoptera brookian* 和黑金色的 *Troides* 属大型凤蝶，而巴布亚的大型凤蝶则是真正的巨凤蝶属 *Ornithoptera* 的成员。雄蝶大形华丽，翅黑丝绒状，有彩虹绿色、蓝色、黄色或橙色的花纹；但雌蝶翅色与雄蝶完全不同，始终是暗棕色的，具有白色或淡黄色斑点和条纹，个体巨大，比雄蝶大得多。这一属最大的种类是亚历山大巨凤蝶 *Ornithoptera alexandrae*，只局限在巴布亚东南部，雄蝶翅展约 20cm，狭长的翅具有黑色、蓝色和绿色的条纹，雌蝶翅展常达 25cm，有时达 28cm，暗色。这一属的分布最广的一种是翠缘巨凤蝶 *Ornithoptera priamus* L.，发生于新几内亚及其西面和东面的岛屿以及南达新南威尔士北部的澳大利亚大陆。体色和花纹随着不同产地而发生变异，因此分成许多亚种。这种凤蝶幼虫取食各种马兜铃属的有毒植物，这些毒素留在凤蝶体液内而使其获得保护，不受鸟类及其他天敌攻击。

另一类以巴布亚亚区为其发生地的蝴蝶是槲寄生粉蝶属 *Delias* Hubner 的种类，有 100 种以上。其中许多种类的分布限于单独的一些岛上，或者在高海拔的山上。它们的分布伸展到东洋区，远至印度和中国，但其多样性比大洋洲热带少得多，少数种类发现于澳大利亚大陆南部的温带地区。槲寄生粉蝶翅的上表面通常是黑色和白色的，而其下表面，特别是后翅，具有红色、橙色和黄色花斑，使它产生鲜艳的外貌。当这些粉蝶停歇时，以后翅叠覆于前翅之外，把大部分前翅藏起来，所以翅上的花纹在休息时最为显著。事实上，槲寄生粉蝶也是一群有毒的蝶类，它们以夸耀特有的花纹来宣布其不可食性。已知的寄主植物种类都是槲寄生，后者是树木的寄生植物，有毒，这可能便是该类粉蝶不可食性的来源。槲寄生粉蝶幼虫常常把槲寄生的叶子吃光。幼虫成群取食，有时在丝巢内，甚至成群化蛹。这种群居生活通常是有毒的或者使鸟类讨厌去吃的昆虫的共同特性。

昆士兰和新南威尔士美丽的澳弄蝶 *Euschemon rafflesia* Author 是澳大利亚大陆所特有的蝶类之一。弄蝶不是真正的蝶，因而单独地成立一个弄蝶总科，处于蝶蛾之间的中间位置，这种观点从澳弄蝶身上所体现的值得注意的特征中获得了某种支持。大部分蛾类（但不是蝶类）具有把前后翅连结在一起的连锁构造。而澳弄蝶雄蝶的翅也以大多数雄蛾中所发现的同样方式连结一起的，但这种特征在雌蝶中完全不存在。

另外，南极洲现存的陆地动物只有企鹅类，几乎是昆虫所不能居住的地区。但曾经一度具有温和的气候，在南古陆分裂的初期，在大洋洲与南美洲之间有一条通道。鞘喙蝽科（膜翅蝽科）Peloridiidae 这个原始的昆虫群成为这一古代南大陆实际存在的见证者。这类昆虫不能飞，生活在潮湿的藓类植物中，因而不易依靠自然界的原因而扩散分布。在智利和巴塔哥尼亚生活着 6 种，在塔斯马尼亚和南澳大利亚生活着 2 种，新西兰有 6 种，洛德豪岛（在澳大利

亚和新西兰之间）有2种。属于三叠纪而与它们非常相似的化石证实了对它们分布情况的这种解释。

由上可见，各区的昆虫区系都有其自己独立的种类组成和特性。东洋区与古北区虽然有一些互相沟通的种类，但南北的区系组成、性质和代表种类的数量等各不相同。东洋区和非洲区、新热带区虽然纬度相似，均属于热带、亚热带地区，但各大区的昆虫区系由于地理位置不同，远隔重洋，长期地理隔离，各自的昆虫区系沿着不同的方向进化发展。而大洋洲区的最显著的一个特点即古老性，其白蚁区系就是典型的例子。

第三节　岛栖昆虫

隔离是昆虫进化的推动力量。隔离可由许多因素造成，如气候的变化、沙漠的出现、山脉的隆起等，但岛屿是最可靠的并且也许是最常见的隔离，大多数任何大小的海岛提供了处于物种形成各种阶段的例子。地球上存在大约占世界陆地总面积1/5的岛屿。岛屿昆虫区系特征随岛屿的地质历史或孤立的年龄、大小（面积）和岛上生境的多样性的不同而不同。

一、岛屿的类型

生物地理学上把岛屿区别为陆桥岛和海洋岛。陆桥岛是附近大陆的组成部分，位于大陆边缘海的大陆架上，仅以浅海与大陆分开。在地质史的某些时期，由于海平面的升降曾经与大陆相连。因此，陆桥岛的昆虫区系与邻近大陆的昆虫区系有着相当密切的联系。日本群岛、加里曼丹岛等都属于这一类。中国的台湾岛、海南岛以及绝大多数的群岛和岛屿也都是陆桥岛。海洋岛是直接从大洋底升露出洋面的岛屿，以深海与大陆分开。主要是许多火山岛和珊瑚岛，一般面积都较小。太平洋西南部、印度洋西部和大西洋东侧中部等是火山岛的主要分布区，珊瑚岛则主要分布于南纬20°与北纬20°之间热带范围内的浅海区。而一些近大陆、但被深海分开的较大海洋岛也可称为岛大陆，如马达加斯加、新西兰、新额里多尼亚以及加勒比群岛等。像澳大利亚和古老的南美洲那样的大陆型海岛同样符合这一概念，但我们是将它们作为动物地理分布大区的等级来讨论的。

二、岛栖昆虫的特点

岛屿愈孤立、隔离历史愈长久，其动物（昆虫）区系愈特化，特有种比例愈高。

在世界上所有的大岛中，新西兰是与任何一个大陆分开时间最长的，并且是与大陆最远离的大岛。有时它包含在大洋洲动物地理分布区内，但事实上，它并不真正属于该区，几乎可以考虑由它独自成一区。新西兰奇异的鸟类、独特的原始爬行类——斑点楔齿蜥，以及缺乏当地的哺乳动物（除蝙蝠和海豹外）等等，都是大家所熟知的。新西兰的昆虫不是那样地引人注意，但大多数当地昆虫在别的任何地方都找不到。

新西兰的无翅大蟋蟀（*Deinacrida*、*Hemideina*、*Pachyrhamma* 等属）是特殊类群，有些种类个体很大，体长10cm，具有肥大的身体。所有这些蟋蟀都不能鸣叫，翅上缺少蟋蟀亚目特有的摩擦发音器；在大多数这些蟋蟀中，没有翅或者翅退化。某些种类生活在森林地表上，还有一种是穴居种类，具极长的足和触角，使它的身体总长度达到36cm。

在地中海，科西嘉岛和撒丁岛隔离时间也很久远，某些昆虫已经演变形成了只限于该岛

的物种。其中最有名是科西嘉凤蝶 *Papilio hospiton* Author（也发现于撒丁岛），这种凤蝶与普通凤蝶相似，只是后翅尾突很短以及斑纹不同。在西印度群岛牙买加具有一些该岛特有的蝶类，其中凤蝶 *Papilio homerus* 是新大陆最大最美丽的凤蝶。在岛上具有有限的分布。

当然，在一个岛上物种形成的程度取决于隔离时间的长短。不列颠群岛比地中海的科西嘉岛和撒丁岛隔离时间要短得多，其上的许多物种没有足够时间来形成独立的种。在冰期的大部分时间内，不列颠群岛与欧洲大陆形成一片连续的陆地。爱尔兰与主要陆地分开很可能早在冰期结束之前，一些昆虫已发展为与在大不列颠所发现的种类有明显区别的亚种，例如异粉蝶 *Leptidea simapis* 和黄襟粉蝶 *Anthocharis cardamines*。爱尔兰潜蛾 *Cycnia mendica* 与不列颠布纹潜蛾之间的区别很特殊。不列颠潜蛾雌性纯白色，具黑点，雄蛾暗色，乌黑棕色。爱尔兰潜蛾雌性与不列颠潜蛾雌性相似，但雄蛾是淡赭色或白色的，在外形上与雌蛾略微不同，后者被看作是不同的亚种。英国东部的不列颠黄凤蝶 *Papilio machaon britannicus* 可能是曾一度在目前为北海所占据的巨大沼泽地区广为分布的某一种群的残遗，不像是由于英国被多佛海峡隔离的结果，因为，这一隔离大约只发生在 7 000 年以前，而一般说来，一种昆虫进化形成亚种的时间需要 7 000 年以上，更不用说形成完全的物种了。

隔离和岛屿独特的生境会导致产生一些特殊的生命类型。体型变（异常）大就是其中之一，科莫多岛巨蜥蜴就是一个大家所熟悉的例子。在大西洋赫勒纳岛上生活着一种巨大的蠼螋，与普通的分布广泛的蠼螋 *Labidura riparia* Pallas 同一属，而且亲缘很近，但它是一个显著不同的物种。发现于 1798 年，直到 1962 年才认为是一个独立的种。最大个体的尾铗长就达 34mm，个体总的体长大约有 10cm。这种蠼螋的分布目前似乎只局限于该岛的东北部，并且恐怕由于某种原因而正在灭绝中。

加拉帕戈斯群岛的蛾类和蝶类的大部分个体显著较小，其原因可能与当地的气候条件有关。群岛上的气候干旱，只有偶然的短期降雨。这样的气候促使植物迅速生长，又很快枯萎消失。在这种条件下，自然选择将有利于在短期内完成生长并化蛹的蛾类幼虫，但这样的幼虫个体将是小型的，并将发育成小型的蛾子。

一些昆虫在小岛上倾向于翅的退化并把自己限于在地上爬行和跳跃，而它们的大陆亲属则完全能够飞行。这种现象在广泛分散的大西洋南部以及围绕南极大陆的海岛上是非常常见的。在特里斯坦达库尼亚群岛上，20 种当地昆虫中，只有 2 种具有能飞行的发达的翅，不能飞行的昆虫包括蛾类和蝇类。克尔盖伦群岛及其北部的阿姆斯特丹岛也栖有许多不能飞行的奇特昆虫。

遥远的南方海洋中的岛屿不断地被寒冷的强风扫荡，这些岛上没有树木，其天然植被是簇生的草丛。在这样的环境条件下，有翅昆虫的地位是很危险的，它们一起飞，就有可能被风吹向海里而走向死亡。自然淘汰的压力将有利于那些翅变成发育不全而且不能飞行的突变类型。这些昆虫在进化中形成了异常的爬行能力来补偿翅的丧失。在其中的一个岛上，有一种无翅蛾子，它们有很大的活力，能急跑和跳跃。

夏威夷群岛是在相当近的地质时期中由于火山活动而形成的，它们特有的动物区系是在几百万年的隔离情况下从那些偶然到达该岛的、完全现代型的动物进化而成的，因此没有像栖居于新西兰那样的原始动物。很难设想丰富多样的夏威夷植物和动物（包括昆虫）的祖先曾经是经怎样的方式到达这些岛上的。其中许多动物和植物肯定是被运来的，也许是飓风从原产地吹来的种类中的幸存者；另一些种类，可能是在漂流的植物筏上从洪水泛滥的大陆河

流河口被带出来的、几乎不可思议地搁浅在海岛岸上的幸运儿。昆虫可能是通过这两种艰险的途径来到这些岛上的。在夏威夷的昆虫中间，我们再次发现一些无翅的昆虫类型，它们的祖先十之八九是有翅的。最奇特的要算是一类草蛉了，它们在夏威夷群岛上有一系列的不同类型，从完全有翅到完全无翅。其中一种叫 *Pseudopsectra cookeorum* 的前翅变成圆形甲壳，颇像甲虫的鞘翅。另一些具正常翅的昆虫目，例如双翅目（蝇类）在夏威夷也有无翅的代表。

夏威夷群岛一点也不像荒凉而多风的南极洲群岛，相反，是温暖而遍布浓密森林的群岛，对能飞的昆虫来说并无危险。那么为什么还会有一些昆虫种类发展成无翅的类型呢？我们不能做肯定的回答。但看起来好像是，有翅草蛉和蝇一到达夏威夷群岛就发现一个食物丰富、天敌很少的环境。当它们之中由于变异而出现反常的类型（如短翅或无翅）时，自然淘汰的压力没有力量足以清除它们，异常的个体被残存下来，它们的反常特性被遗传到它们的后代，产生新的物种，这样的物种在较严酷的、竞争性更强的环境条件下决不会出现。它们变成不能飞，不是因为这样做是有利的，而是因为不能飞并没有什么重大害处。现在，它们正为曾经走过的轻松的进化道路而受到惩罚：由人们从海外带来的蚂蚁正在消灭它们。

第四章　中国动物和昆虫的地理区域

中国昆虫区系是世界陆地动物区系的一部分。我国幅员广大，地跨古北区和东洋区，昆虫种类十分丰富。与此同时，在我国东部，古北区与东洋区之间由于缺乏明显的地理阻隔或屏障，形成一个连续的过渡地带，两大区的种类互相渗透，昆虫区系更是丰富多彩。

第一节　中国昆虫区系的起源

我国昆虫区系从起源上可分为4个系统

1. 中国-喜马拉雅区系　即通常所说的东方区系，在我国分布地区最广，主要分布区在我国东北、华北、华东、华中以及青藏高原、横断山区等。

2. 中亚细亚区系　新疆是典型的中央亚细亚种类分布地区，内蒙古、河北地区亦应划入此范围，青藏高原的北部及东北、华北等与上述地区相邻的地区，亦有中亚种类分布。

3. 欧洲-西伯利亚区系　主要见于我国东北及西北边境地区，如大小兴安岭、阿尔泰山等，国内其他地区除华南外，亦有小比例分布。

4. 印度-马来亚区系　广东、广西、云南等地南部和台湾、海南是我国典型的印度-马来亚区系代表。长江以南其他地区的盆地和山谷间以及横断山区低海拔的谷地中的印度-马来亚成分几乎占当地昆虫区系的半数，长江以北至华北地区，亦有为数不多的成分。

我国昆虫区系在冰期所受到的影响，主要是由北向南和由西向东移动，间冰期所受到的影响主要是由南向北移动的问题，遗憾的是关于这两种影响还没有足够的材料作为推断依据，讨论甚少。但总的看来，经过冰期和间冰期，欧亚两大陆昆虫在东西的分布规律已部分的打乱，亚洲大陆自身的昆虫分布，亦由南而北和由北而南的被反复穿插，再加上近世历代人为的影响下，自然地理面貌发生变化，以致造成南北穿插和东西交混的昆虫地理分布情况。

我国昆虫区系起源于上述四个不同的区系，并经互相渗透而形成，但对具体的种类来说，地形条件、高山、沙漠和气候条件往往成为向外渗透的障碍；而植物、食料的分布等又成为具体种类分布的基础。

第二节　中国动物和昆虫生物地理区域

一、我国动物和昆虫的地理区划

我国动物和昆虫地理区的划分一般分到4级，即0级、00级、Ⅰ级和Ⅱ级，分别为区、亚区、地区和省，或为界、亚界、区和亚区。区是由于历史因素以及海洋、高山、沙漠等隔离而形成的，亚区的划分主要是根据极端温湿度的阻限作用，地区和省的划分主要根据地貌、温度带以及植被类型。

有关我国昆虫地理区的区、亚区和地区等三级的划分多数专家意见大体上趋于一致，只

是在局部界限的划定上存在一定的分歧。一般将我国划分为古北、东洋两区（界），古北区（界）中划分2亚区（亚界）4地区（区），东洋区（界）中划分1亚区（亚界）3地区（区），但省（亚区）级的划分目前仍存在很大的分岐。

根据自然历史和生态等特点，首次系统对我国昆虫做地理区划研究是1959年中国科学院原昆虫研究所（现为动物研究所）马世骏教授的《中国昆虫地理区划》，将我国划分为2地区，3亚地区，9区32省。同年，马世骏教授出版了专著《中国昆虫生态地理概述》。该书从生态学的观点出发，对昆虫地理分布的基本理论问题作了讨论，概述了我国昆虫发生与分布的地理环境，并介绍了各地理区的自然地理条件、重要害虫种类及昆虫区系成分。上述工作为我国昆虫地理区划工作奠定了良好的基础，对我国昆虫生物地理学的发展产生了深远的影响。

章士美教授在昆虫地理区划方面做了大量工作，发表了20余篇论文，进一步推动了我国这项工作的广泛开展。他根据中国科学院《中国自然地理》编辑委员会（1979）对中国动物地理区划的意见，将我国昆虫区系划分为2界7区，对各区的昆虫种类作了介绍。其主要工作1986年4月汇集成《江西农业大学学报》（农业昆虫地理学专辑）。

朱弘复教授（1987）年在《动物分类学理论基础》一书中，将我国划分为2界3亚界7区16亚区（见表2）。

表2　中国动物地理区划（朱弘复，1987）

区级	界（0级）	亚界（00级）	区（1级）	亚区（1级）
区域名称	（一）古北界	（甲）东亚亚界	Ⅰ 东北区	ⅠA 大兴安岭亚区 [附Ⅰ（A）阿尔泰山地] ⅠB 长白山地亚区
			Ⅱ 华北区	ⅡA 黄淮平原亚区 ⅡB 黄土高原亚区
		（乙）中亚亚界	Ⅲ 蒙新区	ⅢA 东部草原亚区 ⅢB 西部荒漠亚区 ⅢC 天山山地亚区
			Ⅳ 青藏区	ⅣA 羌塘高原亚区 ⅣB 青海藏南亚区
	（二）东洋界	（丙）中印亚界	Ⅴ 西南区	ⅤA 西南山地亚区
			Ⅵ 华中区	ⅥA 东部丘陵平原亚区 ⅥB 西部山地高原亚区
			Ⅶ 华南区	ⅦA 闽广沿海亚区 ⅦB 滇南山地亚区 ⅦC 海南岛亚区 ⅦD 台湾亚区

方三阳教授（1993）经过9年多的努力，出版了我国第一部森林昆虫生物地理学专著《中国森林害虫生态地理分布》，将我国昆虫地理区划分为2区3亚区7地区21省（见表3）。

二、古北、东洋两区在我国的分界问题

关于古北区和东洋区在我国境内的分界线问题，西部以喜马拉雅山系及秦岭为界，争论较少。东部因地势平坦，缺乏限制昆虫迁移的大屏障，南方种可以向北延伸到40°N或更北，北方种可向南延伸到南岭北缘或更南，其间形成一条混合带，故对这一部分的分界线意见分歧颇大。

表3 中国森林害虫生态地理区划（方三阳，1993）

古北区	中国东北亚区	Ⅰ 东北地区	ⅠA 兴安岭北部山地省 ⅠB 长白山地省 ⅠC 松辽平原省 ⅠD 大兴安岭南部山地省
		Ⅱ 华北地区	ⅡA 辽东和山东山地丘陵省 ⅡB 黄淮平原省 ⅡC 黄土高原和燕山太行山山地省
	中亚亚区	Ⅲ 蒙新地区	ⅢA 东部草原省 ⅢB 西部荒漠省 ⅢC 高山山地省 1. 阿尔泰山 2. 天山 3. 祁连山 4. 贺兰山 5. 阴山
		Ⅳ 青藏地区	ⅣA 羌塘高原省 ⅣB 青海藏南省
东洋区	中国缅甸亚区	Ⅴ 西南地区	ⅤA 喜马拉雅省 1. 中段；2. 东段 ⅤB 横断山脉省
		Ⅵ 华南地区	ⅥA 滇南山地省 ⅥB 闽广沿海省 ⅥC 南海诸岛省 ⅥD 海南岛省 ⅥE 台湾省
		Ⅵ 华中地区	ⅥA 西部山地高原省 ⅥB 东部丘陵平原省

（一）关于两区西段分界问题

目前众多学者一致认为，西藏地区包括古北区和东洋区，喜马拉雅山南坡及藏东南属东洋区，喜马拉雅山北坡及西北部属古北区。但两大区系的具体界线问题意见尚存分歧。有的认为，以喜马拉雅山的主脊线为两大区系的分界线（黄复生，1981）；有的则认为应以海拔为标准划界于喜马拉雅山南坡的3 700m处或3 500m或3 800m处等等（章士美，1991）。西藏东部由于南北向横断山的缘故，两大区的分界更是议论纷纷。王书永、谭娟杰（1992）提出“在垂直分布上常绿阔叶林（2 800m）以下属东洋区系，暗针叶林带（3 200m）以上属古北区系，针阔混交林带（2 800～3 200m）为两大区系的过渡带”。

王保海等（1993）认为，在西藏地区所指古北区的核心地带，其真正的古北成分并不占主要地位，各小区占主要地位的成分是当地的特有种和高山成分；由于适应高原和山地的生活环境，西藏昆虫具有独特的习性和特征；昆虫区系具有明显的垂直带谱，这种带谱在喜马拉雅山南坡及横断山地区表现更为强烈；西藏拥有丰富的代表类群，特有成分占已知种1/4，达1 000余种。据此，他们提出了将西藏作为独立于古北区和东洋区之外的独立单元，即在世界动物地理区中增加一个西藏区，而分成7个大区。对这一看法，还需从多方面做更深入的研究。

（二）关于两区东段分界问题

东段分界的意见甚为分歧，需要积累更多的动物（包括昆虫）地理分布的知识、更丰富的地质历史、环境等多方面的综合材料，以便对这个问题做更深入全面的研究。

自19世纪中叶以来，许多西方学者就对此作了讨论，提出了不同观点。Wallace（1876）主张将分界线放在南岭山脉，P. L. Sclater（1858）却将其划在黄河北岸，Heilprin（1887）与Lydekker（1886）均主张以长江流域为分界，W. L. Sclater与P. L. Sclater（1899）又将其改在黄河与长江之间，即相当于淮河流域，La Touche（1926）亦主张将此分界线划在黄河与长江之间。Бобринский（1951）将其划分在30°N附近，B. Г. Гентер等将其划在25°～26°N之间，А. Л. 谢苗诺夫-天山斯基（1936）主要根据步行虫的分布，将此线划在25°N，А. И. Хормозов（1959）亦主张划在25°N，并认为这条界线基本上发生了热带印度-马来亚与亚热带古北区昆虫分类上与数量上优势统治地位的更替。

我国学者更是对这一问题做了大量研究，提出了各自的见解。杨惟义（1937）根据蝽类研究，将长江以北至40°N之间的地带列为混合区，长江南岸即划入东洋区；冯兰洲（1939）根据蚊虫研究，则以30°N区分两区；马世骏（1959）参考前人工作，并分析国内各方面所积累的经济昆虫区系资料，认为在28°N左右较为合适；章士美（1963）根据近千种农业昆虫在秦岭以东分布的交叉复杂情况，提出秦岭以东的分界线大致在淮河南岸，进入安徽后，稍偏南穿过江淮分水岭而至江苏，再顺长江北岸，至东海海边为止，即位于32°N附近；吴鸿等（1991）在分析浙江西天目山昆虫区系的基础上，亦认为这种划分比较合理。杨有乾（1994）根据河南省农业昆虫的种群组成、发生特点、作物种类、地形地势、气候条件的类似性，将两界在河南省境内的分界线划在自秦岭、沿伏牛山主脉向东部倾斜至淮河一线。张汉鹄（1995）在分析了安徽省农林昆虫地理区划后，提出两区在安徽省境内分界线为大别山北缘向东至江淮分水岭，界南为江北低丘，界北为淮南台地，此界线西接河南，东进江苏六合一带。

第三节　中国昆虫的分布

一、自然条件对我国昆虫分布的影响

（一）我国的自然区及其对昆虫分布的影响

我国的地势是西高东低，青藏高原为最高，蒙新高原、黄土高原以及云贵高原次之，其他是丘陵和平原，中间有一条从东北向西南斜伸的山脉把整个中国大陆分成东南、西北两半，这条山脉从大兴安岭开始，经燕山、太行山、巫山，直到云贵高原的东缘，与南岭相接，形成一条屏障，把从海洋上吹来的潮湿的夏季季风挡住，因而把我国分成三个自然区，即：蒙新高原区，青藏高原区和季风区。在季风区内东部，还有一列较低的山脉，它从长白山起，经辽东半岛、山东半岛，向浙江和福建伸展，在福建它与海岸平行，其中除长白山最高峰海拔为2 700m外，一般为1 000m左右。它们对昆虫分布的影响分别表现为干旱、高寒和湿润条件的作用。

1. 季风区。位于我国东南半壁，自南至北跨越纬度约35°。随纬度不同，温度有明显的变化，可分成五大温度带，即：寒温带、温带、暖温带、亚热带及热带。以森林为主体的自然植被以及与此相关的昆虫区系亦呈现出相应的变化。全区共同的特点是受夏季季风的影响显著，各地湿润程度都较高，夏季南北温度差别小，适合各种昆虫生长发育，而冬季南北温度

差别大，使某些南方种类向北方渗透由于冬季严寒使它们过不了冬而受阻，而北方种类向南方分布受阻主要原因则可能是夏季高温高湿。在季风区内的昆虫向区外渗透，其分布区主要是沿山地河谷的湿润环境向西延伸。

2. 蒙新高原区。位于我国西北部和北部，包括新疆全部、青海的柴达木盆地、内蒙古的大部（除东部大兴安岭山地外）以及甘肃、宁夏、陕西和山西的北部。本区大致以河套地区为界分东西两大部分，东部为半干旱区，年降水量在450mm以下。西部为干旱区，年降水量在150～100mm以下。植被在东部为草原，向西渐变为半荒漠以至荒漠。区内有大片砾质荒漠和沙漠，森林极少，而且它们大多分布于高山（阿尔泰山、天山、祁连山、贺兰山和阴山）的亚高山、中山带上和河谷（伊犁河谷、额尔齐斯河谷）以及盆地边缘的绿洲平原。山地以寒温带针叶林为主（云杉、冷杉和落叶松），河谷和绿洲平原以阔叶树为主，主要是杨树，以及沙生灌木。当地昆虫种类不多，基本上可分两大类，一类分布于山地针叶林内，与东北地区北部昆虫区系基本相似，为寒温带山地种类；另一类生活在沙生灌木上，适应于干旱气候的属于中亚区系的种类。

3. 青藏高原区。北起阿尔金-祁连山山地，南至喜马拉雅山脉，是世界上最大的高原，平均海拔在4 500m以上。这一地区由于空气稀薄，温度很低，风力强烈，没有什么森林，昆虫种类相当贫乏。但在东南边缘亚高山带和河谷由毗连地区深入的亚高山暗针叶林或河谷阔叶林，面积不大，具有过渡性质。

上述三大自然区的自然条件对昆虫的分布和生态型的形成有一定影响，除了巨大隆起的青藏高原高寒地带外，构成了与这些自然条件相适应的生态型类群，即分布于我国东南部的耐高温高湿的类型、分布于西北部的耐干旱的类群以及分布于北部的耐寒的类群，它们之间相互渗透的程度反映各地区自然条件对昆虫分布的阻限作用大小和昆虫生态群间的关系。

我国温度带的地带性变化，受到巨大隆起的青藏高原的影响，只在东南的季风区得以明显的表现。在季风区内，我国昆虫的分布，除了少数种类外，大多可跨越两个或以上的温度带，某些古北区种类从寒温带可以一直分布到亚热带或热带，例如杨扇舟蛾 *Clostera anachoreta*（F.）从东北地区北部一直分布到海南岛，但发生代数随着向南进展从1代增加至9代，寄主树种在北方是各种杨树，而在海南岛则是毋生 *Homalium hainanense*。在东洋区种类中也有可从热带分布到温带的种类，例如东洋区的黄胸散白蚁 *Reticulitermes speratus*（Kolbe）分布的北限可达辽宁省东南部的丹东市。跨越暖温带和亚热带分布的种类更多，这是由于这一地区自然条件的阻限作用较小，而人类活动频繁之故；寄主树种、越冬条件、夏季高温高湿等应是主要阻限因子。

（二）昆虫的生态地理分布型

我国的昆虫，根据种的分布区相对集中以及它们与一定的自然地理区域相联系的事实，可以分为三个生态地理分布型：

1. 北方型。属于古北区中国东北亚区以及部分欧洲-西伯利亚亚区的耐寒种类，主要分布于我国东北、华北地区以及其他自然区的山地针叶林和落叶阔叶林内。每一种群个体数较多，体色多为深褐色或黑色，一般体较小，大多数种类1年发生1代或2年1代，有越冬习性。影响种群消长的主要因子是气候。

2. 西北型。属于古北区中亚亚区耐干旱的种类，主要分布于我国北部和西北部干旱和半

干旱地区，生活在沙生灌木和耐旱阔叶乔木上。体色也多为深褐色或黑色，体型多为小型。由于气候条件恶劣，寒冷、干旱、昼夜温差大，所以地栖性种类占优势，食叶种类危害期较短，常常很快完成发育周期，进入滞育或休眠状态。

3. 南方型。属于东洋区中国缅甸亚区或印度亚区耐高温高湿的种类，主要分布于我国东南部和西南部，亚热带和热带林内，危害当地常绿阔叶树种、竹类以及暖性针叶林。种类较多，而且一般食性较杂，但种群内个体数较少，体色大多艳丽，大多无越冬习性，一年发生多代。影响种群消长的主要因子是天敌。

另外，在边缘地区常常存在着混合型。

二、我国昆虫的分布

现综合马世骏（1959）、章士美（1986）和方三阳（1993）的意见，对我国各昆虫地理区简介如下（参见图 5）。

（一）古北界

1. 东北区。包括大小兴安岭、张广才岭、老爷岭、长白山以及松花江和辽河平原，南面约自 41°N 起。本区为我国最大的林区，也是最大的农业区之一，盛产小麦、大豆、高粱、玉米等。气候寒温而湿润，大兴安岭冬长无夏，长白山地冬季约有 5～7 个月。本区虽地处古北区，但属于温带湿润森林气候类型。暖季受海洋季风影响，温暖多雨；冷季受蒙古高压影响，寒冷干旱；森林植被十分茂密，昆虫区系相当复杂。山地昆虫多为能耐高寒而栖居森林的种类，如落叶松毛虫 *Dendrolimus superans* Butler、落叶松鞘蛾 *Coleophora laricella* (Hübner)、树粉蝶 *Apriona cataegi* L. 等。平原害虫主要属中国-喜马拉雅种类，东部与日本北海道情况相近似，北部则有许多西伯利亚成分，西南部并有部分中亚细亚成分侵入。主要种类如大豆食心虫 *Leguminivora glycinivorella* (Matsumura)、苜蓿夜蛾 *Heliothis dipsacea* (L.)、草地螟 *Loxostege sticticalis* (L.)、粟叶甲 *Lema tristis* Herbst、东北大黑金龟 *Holotrichia diomphalia* Bates 等。本区南部亦伸入少数东洋区系的广布种，如稻纵卷叶螟 *Cnaphalocroris medinalis* Guenee、白背飞虱 *Sogatella furcifera* Horv.、亮绿金龟 *Mimela splendens* Gyll. 等。

2. 华北区。北界东起燕山山地、张北台地、吕梁山、六盘山北部，向西止于祁连山脉东端，南抵秦岭、淮河，东临黄河、渤海，包括黄土高原、冀热山地及黄淮平原，属暖温带，冬寒夏热。

本区为我国历史最悠久的农业区，亦为棉、麦、旱粮的主要产地，昆虫中分布比较普遍和危害比较严重的代表种有华北蝼蛄 *Gryllotalpa unispina* Sauss.、东亚飞蝗 *Locusta migratoria manilensis* (Meyen)、苜蓿盲蝽 *Adelphocoris lineolatus* (Geoze)、沟叩头虫 *Pleonomus canaliculatus* Fald.、黑绒金龟 *Maladera orientalis* (Mots.)、苹小食心虫 *Grapholitha inopinata* Hein.、粘虫 *Leucania separata* Walker、小麦红吸浆虫 *Sitodiplosis mosellana* (Gehin)、粟灰螟 *Chilo infuscatellus* Snellen、赤松毛虫 *Dendrolimus spectabilis* Butler、油松毛虫 *D. tabulaeformis* Tsai et Liu、蒙古木蠹蛾 *Cossus mongolicus* Erschoff、杨扇舟蛾 *Clostera anachoreta* (F.)、黄连木种子小蜂 *Eurytoma plotnikovi* Nikolskaya 等。本区内东洋种侵入已较多，愈近南缘，比重愈大，如苏北、皖北等地，可占 1/3 左右。

3. 蒙新区。包括内蒙古高原、河西走廊、塔里木、准噶尔盆地和天山山地，在大兴安岭

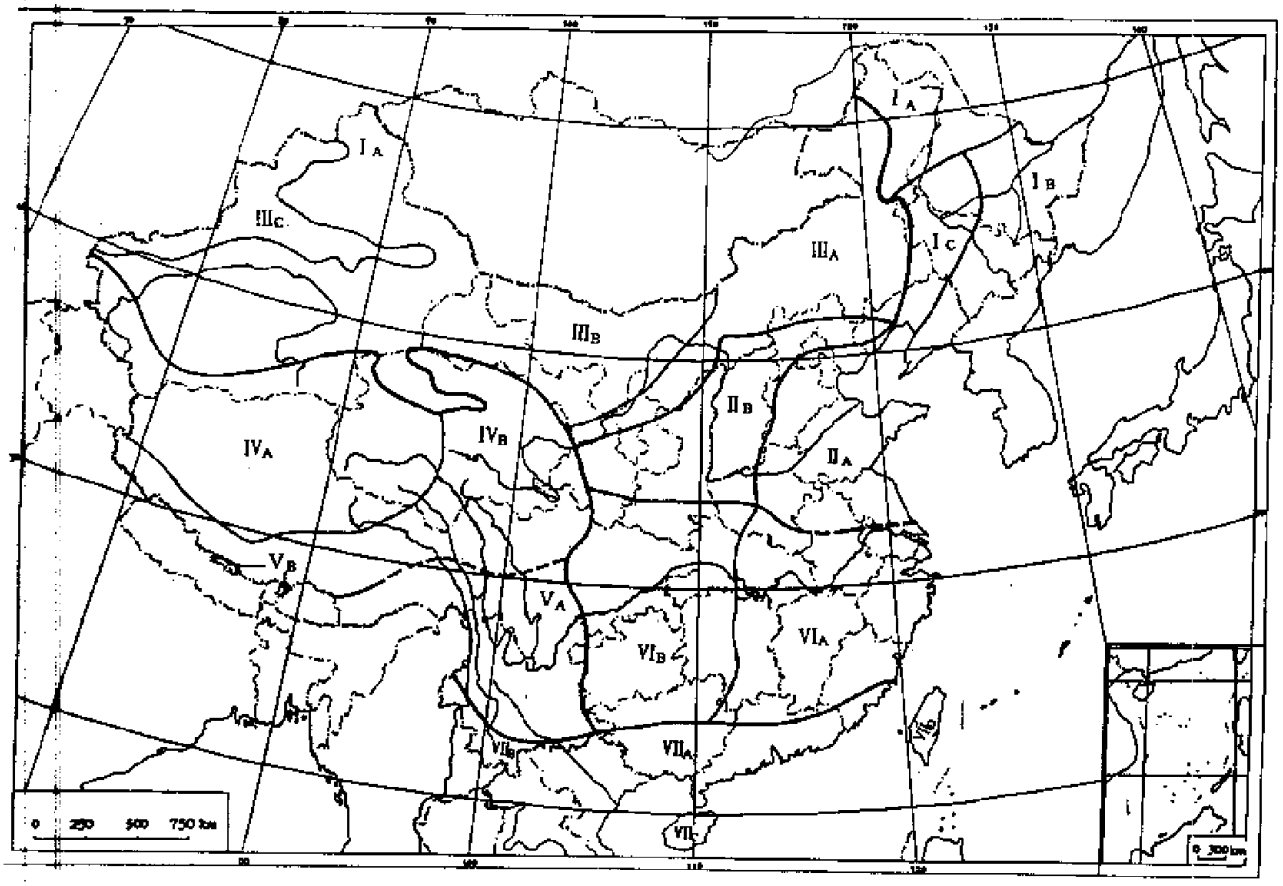

图 5 中国动物地理区划图（仿张荣祖，1979）

图例：古北界：Ⅰ. 东北区，I_A 大兴安岭亚区（附阿尔泰山地）、I_B 长白山地亚区、I_C 松辽平原亚区；Ⅱ. 华北区，II_A 黄淮平原亚区、II_B 黄土高原亚区；Ⅲ. 蒙新区，III_A 东部草原亚区、III_B 西部荒漠亚区、III_C 天山山地亚区；Ⅳ. 青藏区，IV_A 羌塘高原亚区、IV_B 青海藏南亚区；东洋界：Ⅴ. 西南区，V_A 西南山地亚区、V_B 喜马拉雅山亚区；Ⅵ. 华中区，VI_A 东部丘陵平原亚区、VI_B 西部山地高原亚区；Ⅶ. 华南区，VII_A 闽广沿海亚区、VII_B 滇南山地亚区、VII_C 海南岛亚区、VII_D 台湾亚区、VII_E 南海诸岛亚区

以西，大青山以北，由呼伦贝尔草原直到新疆西陲，东北西三面与俄罗斯、蒙古、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦和塔吉克斯坦毗邻，南界则为青藏高原。气候属半干燥及干燥型，东西部差异比较显著，西部多少还可受到西来湿润气候的影响，形成草原及荒漠型。

本区的区系特点是相对简单，种类较为稀少，蛀干性害虫居多。在昆虫组成上东西亦有较大差异，东部的内蒙古、河西一带与华北区北缘的种类较相近，如草地螟、粘虫、黑绒金龟、粟灰螟；亦有一些在华北区有，但危害不及本区严重的种类，如蒙古灰象 *Xylinophorus mongolicus* Faust、麦秆蝇 *Meromyza saltatrix* (L.) 等。牧草地上蝗虫种类甚多，亦为本区东部地带的特色，其中雏蝗属 *Chorthippus*、雏膝蝗属 *Angaracris*、痂蝗属 *Bryodema*、束颈蝗属 *Sphingonotus* 中，均可找到一些优势种。西部的新疆则以中亚种占明显优势，许多华北、华中、华南、西南各地常见的重要害虫，在本地区均未采到，而如苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* L.、谷粘虫 *Leucania zeae* Dup.、付粘虫 *L. putrida* Stgr.、普通蝼蛄 *Gryllotalpa gryllotalpa* (L.)、苜蓿籽蜂 *Bruchophagus gibbus* (Bohemen)、新疆实蜡 *Antheminia lumulata* (Geoze)、麦穗金龟 *Anisoplia* sp. 等重要害虫在国内只见于这一地区。

4. 青藏区。由帕米尔高原向东伸延，接连祁连山，为其北缘，南界为喜马拉雅山，东与东南则以四川西部、云贵高原西北部高山及康滇峡谷森林草地相隔，包括柴达木盆地、青藏高原、昆仑山地和藏南山地。本区高原与谷地气候相差悬殊，高原上年平均温在 0℃ 以下，冬季漫长严酷，年降水量在 100mm 左右；盆地处年均温可达 9～10℃，年降水量在 100mm 以上，高的可达 400～500mm。

本区昆虫大多数属中国-喜马拉雅区系的东方种，亦有较多中亚细亚成分及地区特有种。蝗虫种类在本区非常丰富，初步调查有 50 多种。青南高原有多种雏蝗，在牧场上危害严重。西藏牧草蝗 *Omocestus tibetanus* Urarov、柴达木束颈蝗 *Sphingonotus tzaidamicus* Mistsh. 等均为本地区的特有种。金龟中亦可找出不少接近东方区系的特有种，如西藏花金龟 *Hoplia tibetana* Dallatore、西藏斑金龟 *Potosia tibetana* Kr. 等。草原毛虫 *Gynaephora alpherakii* (Grum-Grshimailo) 的危害很突出，常在部分牧场上成灾。本属已查出另外一些近似种，危害也很严重。

值得一提的是：①青海东部农业区有不少农业害虫种类，与山西、河北、陕西等省的相同，该地是否应划入华北区，只能在掌握更充分的资料以后，再加以讨论；②祁连山的昆虫分布比较特殊，如半翅目蝽科的花丽蝽 *Antestia pulchera* Dall. 及兜蝽科红边兜蝽 *Aspongopus sanguinolentus* Westwood 均是比较典型的南方种，但在该地也可采到。

（二）东洋界

5. 西南区。包括四川西部，北起青海、甘肃南缘，南抵云南中北部（大抵以 26°N 为南界）。向西直达藏东喜马拉雅南坡针叶林带以下山地。基本上是南北平行走向的高山与峡谷。本区气候比较复杂，冬春晴朗多风，干湿季明显，月平均温一般在 6～22℃ 间，年降水量 1 000～1 500mm。

本区昆虫组成非常复杂而又最丰富，半数以上是东洋区系的印度-马来亚种类，亦有一定数量为古北区系的中国-喜马拉雅种类，还有少数中亚区系成员及地区特有种。长江以南主要农林害虫如三化螟、稻苞虫、黑尾叶蝉、褐飞虱、棉红铃虫、鼎点金钢钻、荔蝽 *Tessaratoma papillosa* Drury、中华高冠角蝉 *Hypsauchenia chinensis* Chou、云斑白条天牛 *Batocera hors-*

fieldi (Hope)、松墨天牛 *Monochamus alternatus* Hope、栗黄枯叶蛾 *Trabala vishnou* Lefebure、丽江松毛虫 *Dendrolimus rex* Lajonquiere、云南球小蠹 *Sphaerotrypes yunnanensis* Tsai et Yin 等，在本区均可找到，还有中亚的大菜白蝶 *Pieris brassicae* L.、小翅雏蝗 *Chorthippus fallax* (Zub.) 等，亦为本区所共有。

6. 华中区。四川盆地及长江流域各省，西部北起秦岭，东半部为长江中、下游，包括东南沿海丘陵的半部，南部与华南区相邻，即大致为南亚热带的北界。气候属亚热带暖湿类型，年降水量在 1 000～1 750mm，是我国主要稻、茶产区。

本区昆虫种类繁多，多数与华南区和西南区相同，但又各有它们自己的特点，中国-喜马拉雅种类和印度-马来亚种类在数量上各占一定比例，而以后者较占优势，极少西伯利亚成分，绝无中亚细亚成分。三化螟、二化螟、稻纵卷叶螟、褐飞虱、黑尾叶蝉、棉红铃虫、金钢钻、棉铃虫、黄脊竹蝗 *Ceracris kiangsu* Tsai 、马尾松毛虫 *Dendrolimus punctatus* Walker、杉梢小卷蛾 *Polychrosis cunninghamiacola* Liu et Pai、竹笋夜蛾 *Oligia vulgaris* (Butler)、油茶毒蛾 *Euproctis pseudoconspersa* Stand、松梢螟 *Dioryctria abietella* Schiff.、栗瘿蜂 *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu 等，均是本区重要的大害虫。

7. 华南区。本区包括广东、广西和云南的南部、福建东南沿海、台湾、海南及南海各岛。属南亚热带及热带，植被为热带雨林，全年无冬，夏季长达 6～9 个月，7～10 月多台风，降水量在 1 500～2 000mm。

本区属于典型的东洋区，昆虫以印度-马来亚种占明显优势，其次为古北区系东方种类中的广布种，区系成分极为复杂。印度黄脊蝗 *Patanga succincta* (Johan.)、荔蝽、台湾稻螟 *Chilo auricilia* Dudg.、花蝽 *Antestia anchora* (Thunb.)、松突圆蚧 *Hemiberlesia pityophila* Takagi 可以作为本区的代表种。白蚁中的堆沙白蚁 *Cryptotermes domesticus* Haviland，国内也只在本区采到。

第四节 中国昆虫区系研究历史与现状

我国近代的昆虫学工作虽已有 80 年历史，但由于过去受列强侵略与封建统治，一直未得到正常发展，不仅有关昆虫种类分布等基本资料未掌握，害虫调查工作亦未广泛进行。自 50 年代以来，我国已先后组织了多次昆虫区系考察。80 年代以来对西藏高原、横断山区、武陵山区、南方山地、喀喇昆仑-昆仑山区、可可西里和新疆等地的考察，收集标本数十万号。至 1991 年，我国主要科研单位、大专院校已收藏昆虫标本 1 002.97 万个，新种 8 409 种。标本的大量收藏与积累为系统分类和新种、新属的描记创造了条件。据不完全统计，80 年代以来至 1991 年，计发表 3 新科、4 新亚科、232 新属或新亚属、5 990 新种或新亚种。平均每年发表新种 400 余种，较前 30 年有长足增长，极大地丰富了我国模式标本的收藏。定名标本也随之迅速增长，计增加了 2 万余种。更可喜的是在西藏和长白山发现了缺翅目和蛩蠊目，为我国填补了两个目级空白。

80 年代以来出版的昆虫专著有：《中国蝽类昆虫鉴定手册 (2)》(1981)、《西藏昆虫》(1981，1982)、《中国蚧虫分类概要》(1982)、《中国重要医学动物鉴定手册》(1982)、《青藏高原的蝗虫》(1984)、《云贵川陕宁地区的蝗虫》(1985)、《中国习见蜻蜓》(1986)、《中国蚊虫系统分类和检索表》(1986)、《西藏南迦巴瓦峰地区昆虫》(1988)、《中国白蚁分类及生物

学（等翅目）》(1989)、《中国天牛幼虫》(1989)、《中国叶蝉分类研究》(1990)、《天山托木尔峰地区的生物》(1990)、《中国蝗虫鉴定手册》(1990)、《中国春蜓分类》(1990)、《中国蚜蝇科图志》(1990)、《中国西北细螺研究》(1990)、《系统进化动物学论文集》(1991，1993)、《中国常见蝇类检索表（第二版）》(1992)、《隐翅虫形态分类学纲要》(1992)、《中国亚热带土壤动物》(1992)、《西藏昆虫区系及其演化》(1992)、《西南武陵山地区昆虫》(1992)、《中国粉蚧科》(1992)、《宁夏蝗虫》(1992)、《横断山区昆虫》(1992，1993)、《龙栖山动物》(1993)、《蝗虫分类学》(1993)、《中国蚊类——按蚊亚科》(1993)、《中国螳螂目分类概要》(1993)、《中国赤眼蜂分类》(1994)、《中国蚜小蜂科分类》(1994)、《中国离脉叶蝉分类》(1994)、《浙江古田山昆虫和大型真菌》(1995)、《寄生蜂鉴定》(1995)、《中国蚂蚁》(1995)、《中国蟋蟀总科和蝼蛄总科分类概要》(1995)、《海南岛的蝗虫研究》(1995)、《华东百山祖昆虫》(1996)、《中国蝇类》(1996)、《中国内茧蜂亚科分类》[英文](1997)。

《中国动物志——昆虫纲》至今已出版5卷：蚤目(1986)、铁甲科(1986)、圆钩蛾科 钩蛾科(1991)、癞蝗科 瘤锥蝗科 锥头蝗科(1994)和蚕蛾科 大蚕蛾科 网蛾科(1996)。《中国经济昆虫志》自1959年第一册问世以来，共出版51册。与"志"体裁相似的尚有《中国盾蚧志》、《中国白蚁》、《中国细颚姬蜂属志》、《中国经济叶蜂志(1)》、《中国蝶类志》、《中国弧丽金龟属志》、《中国木蠹蛾志》等。地方志类有《云南蜜蜂志》、《云南瓢虫志》、《西藏夜蛾志》、《贵州农林昆虫志》、《泰山蝶蛾志》、《新疆天牛图志》、《河南蝶类志》、《台湾省蚜虫志》、《河南农业昆虫志》、《浙江蝶类志》等。

农虫方面有《中国农业昆虫》、《中国农作物病虫害图谱》、《棉花害虫及其天敌图册》、《新疆的蝗虫及其防治》、《天敌昆虫图册》、《中国农区胡蜂》、《中国主要害虫寄蝇》、《西藏农业病虫及杂草》、《水稻害虫天敌图说》、《中国农作物蓟马》、《宁夏农业昆虫图志（二）》、《中国蝶类图谱》、《岭南绿洲蝴蝶》、《中国蛾类图鉴》、《常见介壳虫鉴定手册》、《台湾的蝴蝶》、《广西经济昆虫图册》、《东北飞虱志》、《北京蝶类原色图鉴》等。林虫方面有《中国森林昆虫》、《中国园林主要蚧虫》、《云南森林昆虫》、《湖南森林昆虫图鉴》、《林木寄生蜂图志》、《河北森林昆虫图册》、《山东林木昆虫志》、《内蒙古草地昆虫》、《中国森林昆虫名录》、《河南森林昆虫志》等。

一些省份编写出版了昆虫名录，如《福建省昆虫名录》(1981)、《河南省昆虫名录》(1993)、《宁夏昆虫名录》(1992)、《江西昆虫名录》(1994)、《广西昆虫名录》(1994)等。

国内许多自然保护区开展了昆虫区系研究，如广东的车八岭，海南的尖峰岭，福建的武夷山、龙栖山，贵州的梵净山，广西的猫儿山，浙江的乌岩岭、古田山、百山祖、龙王山、天目山，甘肃的兴隆山等。

通过上述工作，促进了我国各类群的系统分类研究及昆虫区系的研究，积累了丰富的资料。

第五章　人类活动与昆虫地理分布

人类活动是昆虫生物地理学应予关注的一项重要内容。从前面几章的论述可知，昆虫种类的地理分布的形成不是静止的，而是个动态的过程。随着时间的变化，物种的分布幅度在空间上不断地转移、扩大或缩小。撇开历史学过程，从生态生物地理学的角度，我们可以将影响昆虫地理分布的因子归为非生物因素和生物因素（包括人类活动）两大类。

对于生物和非生物因素来说，气候、土壤、食料、天敌等因子只适于一定的物种生存，成为具体种类分布的限制。而地貌，如高山、沙漠、海洋等则成为生物向其潜在分布区扩张的天然障碍。因此，这些生物和非生物因素就造成了昆虫种类最基本的分布幅度和不同区域的种类组成，即昆虫区系。自从人类主宰地球之后，我们可以惊奇地发现，人类活动在昆虫地理分布中起着重要的作用，是影响昆虫地理分布这个动态过程的一个重要因素，人类的介入加速了这个动态过程的进行。

人类活动在昆虫地理分布学中的作用表现在以下几个方面：①帮助传播或限制某些昆虫种类的蔓延；②造成对昆虫有利或不利的环境条件；③直接消灭害虫及限制繁殖等。

第一节　人类活动与昆虫扩散蔓延

扩散是一切生物的本能，所有生物都具有向外界扩展的能力。生存空间即意味着扩展空间。影响扩散的因素很多，如物种本身的活动能力、大陆的板块飘移和人类的活动等等。

一个物种一旦形成，对环境的要求就比较固定。它虽起源于某一地点，但适合于它生存的区域是相对广阔的。由昆虫生物地理学知识可知，有些种类的昆虫还没有完全进入其能生存的区域，因而它们具有潜在的扩散趋势。这些种类之所以未能进入新的分布区，往往是由于天然屏障或食料等阻限的限制，而人类活动在其中起着桥梁和纽带的作用，为其扩散推波助澜，尤其在跨区系间的扩散方面。

据英联邦昆虫研究所（CIE）印行的《害虫分布图》记载，在350种农业害虫中，分布区不连贯但跨两个以上生物地理区的有221种，占63.1%。其中最多的是木虱、粉虱、蚜、蚧等所谓胸喙亚目昆虫，绝大部分是世界分布的。而这些小型昆虫，是极易随植物或植物产品人为传带的，除了自身近距离的自然扩散，人类可能在其中起着主要作用。

有资料表明，北美现有的害虫60%以上是从欧洲传入的，而欧洲的大多数害虫是原有的或从亚洲邻近地区来的。近代史的初期，欧洲人除到美洲之外，还到澳大利亚、非洲殖民，带去了动物、农作物和花卉等，他们的活动与定居改变了当地动植物的分布和数目，也改变了相应的昆虫区系。

一、人类活动传播昆虫的方式

人类传播昆虫的方式可归纳为以下几个方面：

（一）贸易传播昆虫

贸易传播昆虫是外域害虫传入的最主要的方式，这也可能是人类最早的传播昆虫方式。随着人类的进步，人类的经济交往日趋国际化，贸易的规模越来越大，范围也越来越广泛，害虫经这种方式传播的危险性亦越来越大。

1. 农产品（或植物和植物产品）携带昆虫。贸易传入的昆虫种类多半是危害农产品的，这也是人们常说的随寄主植物传播昆虫。目前世界各地每时每刻都在进行着这种人为传播昆虫活动，最明显的例子是至今许多贮藏害虫的分布仍因农产品的贸易而不断地扩大。

在一些主要的检疫性害虫中（表4），同翅目害虫主要随寄主苗木及各种运载工具传播。双翅目害虫主要以果实、种子，通过贸易和旅客携带传播，传播虫态主要是幼虫和蛹。鞘翅目害虫传播途径最为广泛，寄主子实、秸秆、贮藏品均可，几乎各种虫态均能传播。这是由该目昆虫的某些生物学特性所决定的。鳞翅目害虫有的可随寄主植物传播，有的则随交通运载工具传播，传播虫态以幼虫和蛹为主。

与寄主植物一起传播，以同翅目蚜虫和蚧虫为最有代表性，如吹绵蚧就是借助寄主苗木在地中海沿岸国家广为传播的。特别值得一提的是，目前盆景等观赏植物贸易在不断地增长，使蚜虫、介壳虫、螨类等害虫在世界上的传播范围不断扩大，这已引起检疫部门的高度重视。

表4　主要检疫性害虫的传播途径和虫态

害虫名称		传播途径		传播虫态
目	种	货物（寄主）	工具	
同翅目	葡萄根瘤蚜 苹果绵蚜	带根的成苗 寄主苗木	运载、制作工具	
双翅目	小麦瘿蚊	枝秆、种子	运载工具	围蛹
	高粱瘿蚊	种子	否	休眠幼虫
	蜜柑大实蝇	果实	否	幼虫
	柑橘小实蝇	果实	否	幼虫
	苹果实蝇	果实	否	幼虫
	地中海实蝇	果实，苗木泥土	农产品包装物	幼虫、卵、蛹
	墨西哥实蝇	果实	否	幼虫
鞘翅目	谷斑皮蠹	植物性贮藏品	包装物、铺垫材料	各虫态
	四纹豆象	寄主植物子实		各虫态
	大豆象	寄主豆类		各虫态
	巴西豆象	寄主豆类		各虫态
	墨西哥棉铃象	棉、棉籽及其壳	交通工具	蛹室、成虫
	稻水象甲	稻草、草坪		
	欧洲榆小蠹	寄主原木		各虫态
	欧洲大榆小蠹	寄主原木		各虫态
鳞翅目	美国白蛾	几乎所有货物	交通工具、包装	幼虫和蛹为主
	苹果蠹蛾	果实	包装物	幼虫
	棉红铃虫	籽棉、棉籽		幼虫、蛹

2. 包装、垫铺材料等传播昆虫。包装、垫铺材料、木材或家俱等也是重要的传播昆虫载体，象谷斑皮蠹、苹果蠹蛾、美国白蛾等都可通过这一途径传播。另一个著名的例子是木器白蚁（*Cytotermes* spp.），它在许多热带国家港口均可见到，甚至加强了检疫以后，该虫仍可

能通过贸易传入新区。垫船的货物、废纸、垃圾等常常是传播害虫的根源。

（二）飞机、轮船和集装箱等运输工具传播昆虫

飞机、轮船和集装箱等运输工具的传播往往是与贸易、植物寄主传播昆虫相联系的，但由于其在昆虫传播中的独特作用而另予讨论。由于其运输的长距离，就更加打破了昆虫传播的高山、海洋等自然阻限，为昆虫的跨区系分布创造了空前有利的条件；由于其运输的高速度，就为短命昆虫的传播提供了广泛的机会；由于其运输的大批量，增加了昆虫传入的危险性。也正是由于它们的出现，与贸易传播相结合，改变了人类传播昆虫的种类和规模。

例如，马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* (Say) 这个世界性的检疫害虫起源于墨西哥北部落基山东麓，1877 年在克服了一切大陆的阻限之后，扩展到大西洋沿岸，然而茫茫大洋成了它向其他国家和大陆扩展的鸿沟。但是，发达的航海事业预示着该虫在其他大陆的出现只是时间问题。尽管采取了一系列措施，从 1876 起，在德国、英国和荷兰等国的港口，来自美军的军舰上陆续发现马铃薯甲虫；此后几年里，在欧洲发现了几个疫源地，但都被根除了。欧洲大陆第一个未被注意到的疫源地出现于法国西部海岸的玻尔多港，推测该虫可能是 1916～1918 年随美洲来的轮船运入法国的。另外，斐济的花生蚜可能是由新西兰空运去的，而毛里求斯的蕉包虫可能是在 1986 年由马来西亚起飞的英国空军运输机带进去的。

飞机携带昆虫与海轮携带昆虫有一定区别，与海轮携带昆虫相比，飞机携带昆虫数量小。从 1952～1961 年的 10 年间，在夏威夷降落的飞机和进出的海轮上发现的害虫数量来看，飞机上抓到 269 号昆虫，而海轮上则抓到 73 865 号；但飞机更有利于寿命短的昆虫的传播。

集装箱运输因其具有运输工具和包装工具的双重属性，所以在人为传播昆虫中扮演着重要角色。集装箱运输目前已形成了一个比较完整的国际运输体系，它不同于一般包装材料，可以反复使用，往返于各国和地区之间。装载的货物种类非常广泛，非农产品和农产品都有。凡装载过农产品的集装箱，就存在携带有害生物的可能性。集装箱的木质结构、包装材料、箱的缝隙、内部和外部等处均可携带昆虫。

检疫部门已在集装箱中截获过的有害生物有昆虫、螨类、线虫和软体动物等 (Baker 和 Bailey，1979)。这些动物身体细小，不易被发现，可以随寄主、货物或集装箱从一个国家传播到另一个国家。新西兰 1970 年在进口集装箱中发现了昆虫，这是世界上首次在集装箱中截获害虫的记录。1970～1981 年间，新西兰在进口集装箱中共截获昆虫和其他动物 333 次。有时，截获的害虫并非总是在它的寄主植物上面，这是集装箱运输中的带虫问题。新西兰曾在美国进口的石榴中截获到异苜蓿叶象 *Hypera variablis*；在从荷兰进口的香石竹插条中截获到豌豆象甲 *Sitona linena*，上述两种昆虫均是豆科植物害虫，却在非寄主植物中发现。非洲大蜗牛 *Achatina fulica* 是一种经济意义重要的软体动物，可以随集装箱、包装材料、土壤等传播。澳大利亚、斐济等国都曾经有过截获的记录。

我国曾在天津口岸进口集装箱中多次发现有害昆虫，并 2 次截获过谷斑皮蠹；梧州植物检疫局在对一批空箱进行检验中，仅在一个空箱中就发现了数百头玉米象 *Sitophilus zeamais* Motschulsky，在对 52 批空箱的检验中发现 8 批带有植物产品散落物（陈少远，1990）。这些散落物又为集装箱中的害虫提供了食物，带虫的集装箱就成了传播源。

（三）引种植物携带昆虫

这也是寄主传播昆虫的一种方式。由于地理隔绝的原因，地球上的植物即便在同纬度地区也是很不一致的。北美大陆是有名的植物贫乏的大陆，那里的印第安人早先只能靠从中美引进的玉米过活，玉米因而取得“印第人粮食”（Indian corn）的美称。豆类、甜菜、甚至各种麦类无一不是欧洲移民带去的，大豆是从中国引进的。从某种意义上说，北美农业生产的历史也是引种的历史。

美洲、非洲和太平洋南部地区开拓殖民地期间，人们长距离引种农作物，同时也引进了相应的多种害虫和病害。加上飞机的问世以后，各大陆的距离似乎缩短了，增加了病虫害传播的危险性。当前，广泛的国际性植物考察和植物引种又使这种危险性增大。建立国际性的种质库对加速科学和农业的发展是非常有利的，但这方面也存在着严重问题。近年来，种苗业日趋国际化，国际种质资源收集和交流的范围越来越广，一些国际作物研究机构把大量的各式各样的作物品种汇集在一起，片面追求种植材料的种类数量，忽视了病虫害传播的问题，这是相当危险的。这种传播害虫的方式所造成的后果往往是毁灭性的。

近年来广泛进行的无性繁殖材料（根茎、块茎、插穗、芽条等）是新的携带昆虫器官，也起着极为重要的携带昆虫作用。

引种有两条途径：①政府或研究机构间的引种，②民间的引种。

1. 政府或研究机构间的引种。这是引种的主要方面。号称农业大国的美国，70 年代后期，年均引种仍在 7 500 份左右。自从 1898 年从俄国引进甘蓝种子开始，80 多年来已引进了 46.5 万多份各种植物的种子。在此期间因对植物病虫检疫注意不够引进了不少病虫害，进入美国的害虫几乎全和引种有关，只有极少数是例外。

我国台湾省为了提高农作物的产量、品质，追求品种多样化，曾多次从国外引种或引进选种和育种的材料。由于品种来源广泛、复杂，且无完整的检疫措施，给外来病虫害的侵入提供了机会。下面列举近年来新发现的几种害虫。

1）梨瘤蛎　*Appanostigma jakusuiense* Kishida 俗称“米糠苔”，属同翅目根瘤蛎科。原为欧洲梨树的害虫，1978 年传入台湾省。据推测，可能是随进口高接梨的接穗而传入。目前许多梨区，尤其是套袋高接梨受害普遍，严重影响产量和品质。

2）三叶草潜叶蝇　*Liriomyza trifolii* (Burgess) 隶双翅目潜蝇科。于 1988 年因进口非洲菊种苗检疫不彻底而侵入台湾省，1988 年 2 月经省农业试验所正式鉴定证实。当时未能及时采取紧急防除措施，以致该虫由非洲菊扩及至多种菊花、豆类、蔬菜上，并已在台湾省定居。

3）稻水象甲　*Lissorhoptrus oryzophilis* Kuschel 在台湾省称为水稻水象鼻虫，属鞘翅目象甲科。于 1990 年 3 月首次在桃园新屋乡水稻田发现危害。当时发生面积约 30hm^2，然后迅速蔓延，至 1991 年 3 月发生面积约 1.6×10^4hm^2，分布范围亦扩大到桃园、新竹和苗栗 3 县。该虫成虫危害水稻叶片，幼虫啃食根部，使稻株减少二成分蘖，延迟抽穗期，又使植株衰弱矮化，严重影响产量甚至使稻株死亡。

4）温室粉虱　*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) 隶同翅目粉虱科。此粉虱寄主有 213 种以上，包括多种蔬菜和花卉，危害极大。主要在温室内繁衍，常以极高密度危害寄主作物。此虫原产于北美，目前分布几乎遍及世界各地。台湾省过去一直未有温室粉虱发生的记录，可能是近年来各种园艺设施迅速扩展，园艺种苗频繁进口而传入的。1988 年 3 月在埔里非洲菊圃首次发现温室粉虱，当时该圃的非洲菊遍布此粉虱。

2. 民间种质交往。包括民间邮寄或旅客随身带入的。据我国广州口岸 1980～1981 年两年

统计，前者有 7 397 件，后者有 1 849 宗，寄的比带的多。

（四）直接引进昆虫

这是人类有意识的传播方式；这种方式传播昆虫的历史较短。

1. 天敌昆虫的引进。某些害虫在其原产地之所以危害不甚严重，主要原因是这些害虫与其天敌之间维持着相对稳定的动态平衡。而进入新区后，缺少有效的天敌控制，容易猖獗危害。又由于化学防治的种种弊端，世界上许多国家高度重视天敌引种，以在新区重新建立自然的天敌控制系统。引进的天敌大多数为益虫，但的确也有一些成了害虫。并且，天敌昆虫特别有利于寄生性生物的传播，如寄生昆虫和病毒。

随着人们对生物防治的重视和病虫害遗传控制研究方面兴趣的日益增加，天敌引种与规模在不断扩大。据统计，仅 1978～1985 年间，我国就引进 128 种（183 种次），输出 79 种（104 种次）。

天敌昆虫引进成功的例子很多，其中引进后取得长期控制种群数量的实例见表 5。较著名的如 1888 年美国农业部为解决加利福尼亚州柑橘吹绵蚧严重危害问题，从原产地大洋洲输引澳洲瓢虫 129 只，引进后第二年就控制了危害；1889～1892 年又先后从大洋洲引进 46 种瓢虫防治柑橘红圆蚧 *Aonidiela aurantii*（Maskell），其中有两种瓢虫（*Orcus chalybeus* 和 *Lindoras laphanthae*）起到了控制危害的作用。日本先后从我国输引刺粉虱黄褐蚜小蜂 *Prospaltella smithi* 和红蜡蚧扁角跳小蜂 *Anicetus beneficus* 均获得了成功。90 多年来，各地从外地输引天敌防治害虫获得成功的事例共 225 起。加拿大先后引进害虫天敌 208 种，成功的 44 种。美国先后引进了 390 种天敌昆虫，能建立种群的有 95 种。夏威夷引进约 300 种，能建立群落的有 80 种。

表 5 引进天敌昆虫防治害虫取得显著成效的实例（Laing 和 Hamai，1976）

害虫种类	危害作物	引进防治成功地点	天敌种类	天敌的原产地	引进年份
非洲蝾蛤	甘蔗等	美国（夏威夷）	红腿小唇泥蜂 *Larra luzonensis*	菲律宾	1925
绿蜡	蔬菜、果树等	美国（夏威夷）、澳大利亚	缘腹卵蜂 *Trissolcus basilis*	埃及	1933
橘刺粉虱	柑橘	日本、美国（关岛）	黄盾扑虱蚜小蜂 *Prospaltella smithi*	中国	1925
吴刺粉虱	柑橘	古巴、巴巴多斯、牙买加、塞舌耳、南非、东非、哥斯达黎加、海地、巴拿马、墨西哥	棘角蚜小蜂 *Eretmocerus smithi* *Amitus hesperidum* 黑粉虱两印蚜小蜂 *Prospaltella opulenta* 印度扑虱 *Prospaltella clypealis*	东南亚、印度、巴基斯坦	1930 1949 1940 1949
红肾蚧	柑橘	美国、希腊、澳大利亚	岭南黄蚜小蜂 *Aphytis lingnanensis* 黄蚜小蜂 *Aphytis melinus* 金黄蚜小蜂 *Aphytis chrysomphali* 双带巨角跳小蜂 *Comperiella bifasciata* 梨圆蚧普乐蚜小蜂 *Prospaltella periciosi*	中国（南方） 印度、巴基斯坦 中国 东洋区 中国（台湾）	1947 1956 1957 1905 1941 1949
橙圆蚧	柑橘	美国、澳大利亚	双带巨角跳小蜂 *Comperiella bifasciata* 黄蚜小蜂 *Aphytis melinus*	东洋区 印度、巴基斯坦	1941

（续）

害虫种类	危害作物	引进防治成功地点	天敌种类	天敌的原产地	引进年份
椰圆蚧	椰子及其他棕榈科植物	斐济、西非、葡萄牙	瓢虫 *Cryptognatha nodiceps* 红褐唇瓢虫 *Chilocorus politus* 黑背唇瓢虫 *Chilocorus nigritus* 瓢虫 *Cryptognatha nodiceps*	特立尼达 印度尼西亚（爪哇） 斯里兰卡	1928 1937 1939 1955
伞形花二尾蚜	胡萝卜	澳大利亚等	蚜茧蜂 *Aphidius* sp.	美　国	
红蜡蚧	柑橘、茶	日本（本州四国）	红蜡蚧扁角跳小蜂 *Anicetus beneficus*	日本（九州）	1948
蔷薇圆蚧	各种植物	希腊、美国	黄蚜小蜂 *Aphytis melinus*	印　度	1961
茶褐圆蚧	柑　橘	以色列、墨西哥	褐圆蚧纯黄蚜小蜂 *Aphytis holoxanthus*	中国（香港）	1956 1957
胶树绒蚧	苹果、桉	新西兰	暗色瓢虫 *Rhizobius ventralis*	大洋洲	1905
苹果绵蚜	苹　果	智利、印度、阿根廷、哥伦比亚、哥斯达黎加、塞浦路斯、肯尼亚、乌拉圭、德国	苹果绵蚜日光蜂 *Aphelinus mali*	美国（东部）、加拿大	1921～1941
埃及吹绵蚧	柑橘、油梨等	加罗林、马绍尔、马里亚纳	小红瓢虫 *Rodolia pumila* 澳洲瓢虫 *Rodolia cardinalis*	中　国	
吹绵蚧	柑橘等	世界热带、亚热带地区	澳洲瓢虫 *Rodolia cardinalis*	大洋洲	1888 1889
塞舌耳吹绵蚧	果树及林木	塞舌耳、加罗林、马利安诺、马绍尔	小红瓢虫 *Rodolia pumila*	日　本	1928
紫蚧	柑　橘	美国、智利、秘鲁、巴西、塞浦路斯、希腊、斐济、土耳其、以色列、澳大利亚等	紫蚧黄蚜小蜂 *Aphytis lepidosaphes*	中国（南部、台湾）	1948～1949
油橄盔蚧	油橄榄等	美　国	黄蚜小蜂 *Aphytis maculicorius* 类食蚧蚜小蜂 *Coccophagoides utilis*	伊　朗 巴基斯坦	1951 1957
木槿粉蚧	多种植物	埃　及	长索跳小蜂 *Anagyrus kamali*	印度尼西亚（爪哇）	1934 1939
柑橘粉蚧	柑　橘	南非、美国	孟氏隐唇瓢虫 *Cryptolaemus montrouzieri*	大洋洲	1891 1892
肯尼亚粉蚧	咖　啡	肯尼亚	长索跳小蜂 *Anagyrus* nr. *kivuensis*	乌干达	1938
康氏粉蚧	苹　果	美国（东部）	*Allotropa burrelli*	日　本	1939 1941
粉　蚧	柑　橘	美国（加利福尼亚） 苏　联	食蚧蚜小蜂 *Coccophagus gurneyi* 跳小蜂 *Hungaiella pretiosa* 食蚧蚜小蜂 *Coccophagus gurneyi*	大洋洲 大洋洲 美国（加利福尼亚）	1928 1928 1960
橘小粉蚧	柑　橘	以色列	粉蚧三色跳小蜂 *Clausenia purpuria*	日　本	1939
咖啡绿粉蚧	行道树	英国（百慕大）	花翅跳小蜂 *Microterys kotinskyi* 孟氏隐唇瓢虫 *Cryptolaemus montrouzieri* 瓢虫 *Azya luticeps*	美　国 美　国 美　国	1953～1955 1956 1957

（续）

害虫种类	危害作物	引进防治成功地点	天敌种类	天敌的原产地	引进年份
咖啡黑盔蚧	咖啡等	毛里等	圆柄跳小蜂 *Metaphycus helvolus*	南非	
甘蔗灰粉蚧	甘蔗	美国(夏威夷)	艾菲跳小蜂 *Aphycus terryi*		
丽金龟	甘蔗	马里亚纳	土蜂 *Composomeris annulata*	菲律宾	1964
食植瓢虫	茄科蔬菜	美国(关岛)	双脊姬小蜂 *Pediobius epilachnae*	菲律宾	1954
象甲	桉树	南非、毛里求斯、肯尼亚	按象瘿小蜂 *Patasson nitens*	印度尼西亚(爪哇)	1926
潜叶甲	椰子	斐济	双脊姬小蜂 *Pediobius parvulus*	印度尼西亚(爪哇)	1933
蔗螟	甘蔗	西印度群岛	螟利寄蝇 *Lixophaga diatraeae*	秘鲁	
豆荚螟	豌豆	毛里求斯	绒茧蜂 *Apanteles etiellae* 贝氏盘腹茧蜂 *Phanerotoma bennetti* 螟黄足绒茧蜂 *Apanteles flavipes* 螟利寄蝇 *Lixophaga diatraeae*	— — 印度	— — 1966 —
卷叶蛾	茶	斯里兰卡	茶卷蛾长体茧蜂 *Macrocentrus homonae*	印度尼西亚(爪哇)	1935 1936
椰青红斑蛾	椰子	斐济	黄须盆地寄蝇 *Bessa remota*	马来西亚	1925
棕尾毒蛾	林木	加拿大	刺腹寄蝇 *Compsilura concinnata* 毒蛾绒茧蜂 *Apanteles lacteicolor* 虹彩瘤茧蜂 *Meteorus versicolor*	欧洲 — —	1912、1915 — —
冬尺蠖	果树、林木	加拿大	寄蝇 *Cyzenis albicans* 黄阿格姬蜂 *Agrypon flaveolatum*	欧洲 —	1955 —

广东是培育紫胶虫 *Laccifer lacca* (Kerr.) 的新区，移殖的同时，把其敌害紫胶白虫 *Eublemma amabilis* Moore 也移殖进来了，以致紫胶林场由于紫胶白虫危害严重而产量甚低，一些林场甚至停止了生产。从海南岛引进一种寄生于紫胶白虫的紫胶白虫茧蜂 *Bracon greeni* 才使这一问题得以解决，紫胶生产得到恢复和发展。

2. 科学试验的意外事故。这当然也包括不成功的天敌引种。

1) 在对引进的检疫性害虫试验时造成的害虫逃逸。最著名的例子是前苏联进行的舞毒蛾试验。舞毒蛾 *Lymantria dispar* L. 原产于东英格兰沼泽地上，前苏联科学家为了研究其生物学特性，曾从欧洲其他国家引进，搭帐篷进行试验。然而，一场大风刮走了大篷，舞毒蛾四处逃逸，成为前苏联林木上的主要害虫。

2) 本想利用昆虫的经济价值而造成事故。我国台湾省本想引进资源昆虫不料却未取得预期结果，如天蚕蛾、蓖麻蚕和紫胶虫，前两种未能发挥经济效益，后者因其食性改变而成害虫。鉴于紫胶虫的分泌物在油漆、染料、电气、医药等方面已在印度、泰国和我国西南地区广泛利用的事实，于 1912 年由日本人引入台湾。起初因为不了解其寄主及天敌而告失败。后来总结经验，1940 年再度引入而成功。近年来因人工合成树胶发展很快，取代了紫胶，该虫变成了 66 种果树的难治害虫。

（五）旅游者传播昆虫

大自然的神奇奥妙总是吸引着众多的探险者、征服者。随着人们生活水平的提高，跨国跨地区的旅游观光活动也日趋频繁。探险者、征服者传虫一般是与食物有关的害虫，而旅游观光者传带的往往是水果、食品等有关的害虫，范围较广。

1. 昆虫爱好者有意带入。如原产于欧洲的舞毒蛾，就是在1870年由一位爱好蛾类的旅游者带进美国的，原想观察它的丝有无经济价值而加以利用，不慎逃逸，终于酿成大灾，成为美国阔叶树、果树、公园观赏树木以及林木上的大害虫。

2. 游客的无意带入。1972年美国海关管理局报告了约有7 000万人次的携带昆虫者进入美国。随着我国旅游事业的发展，进出境游客猛增，多次截获水果上的害虫。如世界果蔬上的头号检疫性害虫地中海实蝇，1993年8月在广州流花动植物检疫局首次截获，1995年1月8日北京动植物检疫局在首都机场再次截获。

（六）战争传播昆虫

战争给人类带来了灾难，也为昆虫传播带来了机会。战争一旦发生，其传播昆虫往往是大规模的，分布区的形成往往是迅速而广泛的。

两国或多国之间的战争，在战争期间检疫工作难以实现。战争结束后，战败国常处于被控制的地位，丧失了检疫工作的自主权，势必引起检疫对象的传播。这样的事例甚多。第二次世界大战期间，马铃薯甲虫在欧洲迅速扩散，1944年向东扩展了200km以上，1945年扩展了300km，有些地方甚至扩展了400km。黑森瘿蚊是在1775～1781年美国独立战争期间传入美国。英国在德国黑森地区招募到美国去的雇佣军是用麦草作床垫的，麦草中隐藏着的黑森瘿蚊围蛹也到了美国。众所周知，我国的蚕豆象等也是在抗日战争期间由日本传入的。可见，战争会导致检疫性害虫在一些国家传播蔓延，泛滥成灾。

（七）国际援助或救济物传播昆虫

自然灾害或战争往往给一个国家人民的生活带来困难，这时检疫工作往往被消弱或濒于崩溃，各国的援助物资给害虫的侵入带来了机会。这种传播方式的特点是，①传播的往往是贮藏物害虫；②援助来自不同国家和地区，侵入的往往是多种类各区系的昆虫。

我们可以举一个跨区系传播的例子：大谷蠹 *Prostephanus truncatus* Horn 是美洲贮藏玉米的害虫，原产于墨西哥和中美洲，1980年前在非洲并无记载。1980年坦桑尼亚塔波拉（Tabora）储藏的玉米和木薯遭受了一种陌生甲虫的侵害，1年后鉴定为大谷蠹，推测可能是由援助的玉米的玉米种子传入并立足的。

当然，仅从人为传播的角度考虑，往往是多种人为途径综合传播的结果。另外，人为因素也可以为昆虫分布创造有利的生态条件，如食料等。而专食性昆虫进入新区要等到它们的寄主植物已在该新区大量种植之后。

必须指出的是，昆虫异域分布区的形成最终依赖于该地的生态因子及该种的生态适应性。如生态可塑性强的兼食性昆虫比狭食性的昆虫传入后更易于立足。因此，人为活动只是为其形成提供了扩散的可能性。

二、人类活动传播昆虫的种类

人为传带的昆虫主要是那些依附于植物及植物产品上的较小型的昆虫。生活隐蔽且易于附着的种类易于传播，尤其是一些贮藏物害虫。就虫态而言，不活动的虫态如卵、蛹较成虫更易传播。从昆虫的生活力考虑，生活力强的比弱的更易传播立足。

但近年来昆虫传播的种类有所变化。据美国农业部报道，其所截获的害虫重点由原先的鳞翅目转变为同翅目和膜翅目。这种变化有一定的普遍性，因为种苗和花卉、鳞球茎的大幅度进口使得蚜虫、叶蝉、粉虱、蚧虫等随同活体植物传入的机会大为增加。

三、美洲大陆人为传播昆虫概况

5 000 年来，人类的活动加快了生物群落的演化。最初这种影响还很小，并只限于农作物和家畜驯化。然而从 1492 年哥伦布发现美洲开始，情况发生了变化，人类活动影响到每一块大陆和大多数岛屿的世界生物群。没有一块大陆比美洲受到的影响更大了。尤其以美国大陆最为典型。

美国大陆过去是而且现在仍然是特别容易被病虫害传入的地区。这里聚集着大批移民，并且有一百多年的农业发展历史。大多数农作物及其病虫害都是从外边传进来的。这是一个多种族的“熔炉”，同时也是各种农作物与各种病虫害的“熔炉”。1620 年，最早一批欧洲人开始向北美大陆拓殖。从此大规模地帮助了害虫（首先是仓库害虫）传入新大陆。随着殖民者定居和经济的发展，洲际贸易应运而生。到 19 世纪初叶，差不多所有的国家和地区都直接或间接地与美国有着贸易往来。但由于当时航海手段落后，浩瀚的海洋依然是病虫传播的天然屏障。

1860 年以后，海上交通加快，外国的昆虫进入美国本土的机会大大增加，定居的数目呈直线上升。1860 年有记录的还只有 80 种左右，1960 年已达 1 180 种。输入昆虫按目排列前 4 名依次为同翅目、鞘翅目、膜翅目和鳞翅目。这中间有 1/4 是有意识引进的益虫（以双翅目和膜翅目居多）。

美国是 1912 年在全国范围内实行植物检疫的，但直到 1920 年它的作用才真正发挥出来，也就是从这一年以后，外来昆虫侵入的速度变慢了。从 1920～1979 年的 60 年中，传入美国的各类昆虫不到 700 种。而如果没有实行检疫，按照 1860～1919 年这 60 年的速度，其数量起码要翻一番。另一点需要指出的是，在所有定居了的外来昆虫中只有约 17%是植物害虫，大部分（特别是鞘翅目）是一般性昆虫。

19 世纪后 40 年，随着生活的提高、汽轮的改进，美国从欧洲引进植物种苗的要求越来越迫切，以致从国家到个人形成了一股热潮。事后估计，光经农业部引种局经手的国外引种就将近 20 万份，有案可查的随着苗木带进美国的蚜蚧类就有 50 多种（见表 6）。

即使施行了严格、先进的检疫手段以后，仍有大量有害生物包括害虫进入美国。据美国农业部植物检疫局（APHIS）报告，1986 年进口港截获 48 058 种有害生物，估计每年至少有 600 种有害生物进入美国。当前美国的主要农作物害虫有 700 种，其中 236 种（约 34%）来自国外，但它们所造成的损失却占了全部虫害损失的一半。

表6　传入美国的一些害虫

害　虫　名　称	寄　主	原分布区
小麦瘿蚊 *Mayetiola destructor* Say	小　麦	西北欧
菜粉蝶 *Pieris rapae* L.	十字花科蔬菜	西北欧
胡萝卜茎蝇 *Psila rosae* (F.)	胡萝卜	西北欧
舞毒蛾 *Lymantria dispar* L.	多种树木	西北欧
棉红铃虫 *Pectinophora gossypiella* (Saunders)	棉	地中海区
欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilalis* (Hübner)	玉　米	地中海区
地中海实蝇 *Ceratitis capitata* (Wiedemann)	柑橘等	地中海区
苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (L.)	苹果等	地中海区
谷　象 *Sitophilus granarius* (L.)	储　粮	地中海区
梨笠圆盾蚧 *Quadraspidiotus perniciosus* (Comstock)	多种果树	东南亚
吹绵蚧 *Icerya purchasi* Maskell	柑橘等	东南亚
日本丽金龟 *Popillia japonica* Newman	杨　杂	东南亚
小蔗杆草螟 *Diatraea saccharalis* (F.)	甘　蔗	中美洲、南美洲
马铃薯块茎蛾 *Phthorimaea operculella* (Zeller)	马铃薯	中美洲、南美洲

四、重要害虫的人为传播

（一）马铃薯甲虫　*Leptinotarsa decemlineata* (Say)

马铃薯甲虫在所有的昆虫中居于特殊的地位。它惊人的生态学可塑性、不寻常的广泛适应力使其在半个世纪中由墨西哥传播到三个大陆——北美、欧洲和亚洲，分布范围扩大了数百倍，很难找出另一种具有如此大扩张能力的昆虫。

它的发源中心是墨西哥北部落基山东麓。1824 年，美国昆虫学家 Thoms Say 将其作为叶甲科的新种进行记述，学名定为 *Chrisomela decemlineata*。在其发源中心危害早生的茄科植物——具角茄 *Solanum cornutum* 以及同属植物 *S. rostratum* 和 *S. carolinense*。19 世纪初，随着新大陆的开拓、向该地区移民增多和贸易渠道的形成，该虫开始在美洲传播：东面，沿墨西哥原边缘向得克萨斯；西面，向亚利桑那和新墨西哥方向发展。1842 年，向西迁移的分支达落基山脉。19 世纪 40 年代中叶传到科罗拉多州和内布拉斯加州。此时，该虫分布受到寄主植物的限制。

1817 年智利栽培的马铃薯 *S. tuberosum* 引入北美大陆东部。随着农业的发展和北美西部地区的开拓，上世纪 40 年代该作物开始向西转移，1842～1844 年种植马铃薯波及到科罗拉多州，并沿落基山东麓扩展，当时此地已有马铃薯甲虫定居。从此，此虫便放弃野生寄主，专一追食马铃薯。1859～1862 年马铃薯甲虫主要沿密西西比河移动。1864 年，当越过密西西北河之后，开始向北美东部加剧扩展，于 1874 年到达美国东海岸。20 年间，即从 1860～1880 年，马铃薯甲虫在美国的发生区扩大了 $400\times10^4 km^2$。到 1880 年，占据了美国 9/10 的马铃薯栽培面积，发生区包括了密西西比河流域的中部和北部，圣劳纶斯河北部流域和大西洋沿岸一带，由加拿大的魁北克至美国的佛罗里达。此时马铃薯甲虫在北美的扩散看来才告结束。

1877 年，马铃薯甲虫在克服了一切大陆障碍之后，扩展到大西洋沿岸，为其向其他国家

和大陆扩张创造了现实的可能性。由于欧洲广泛栽培马铃薯，又有频繁的贸易往来和发达的航海事业，更显示出马铃薯甲虫的危险性。该虫在欧洲的出现只是时间问题了。因此，贸易国的检疫机构规定了对军舰、货物和港口实行严格的检查措施。

马铃薯甲虫先后曾传入德国的莱茵河以北（1877）、波兰（1878）和荷兰等国，但都被彻底根除。不幸的是，偏偏第一次世界大战把德国马铃薯供种基地彻底摧毁，法国被迫从美国调进种薯。1921 年该甲虫在法国西南部立足，并形成了稳定的虫源地开始在欧洲大陆蔓延，到 1939 年法国已全境发生。以后又分成三路向东方涌进，到 1975 年，不但遍及欧洲大陆的主要部分，而且已到达里海西岸。80 年代仍在向东扩展。

马铃薯甲虫向南分布虽可能因食料缺乏而受阻，但向西北分布还是可以的，因此西欧和北欧诸国常为此虫伤脑筋。以英国为例，早在本世纪 40 年代后期，也是由于战争期间放松了检疫而发生了马铃薯甲虫，迅速采取一系列防止蔓延的措施。从 1947 年发现，1952 年消灭；1976 年又在 28 个地点有零星发现，又加以消灭。马铃薯甲虫另一个直接威胁的大陆是亚洲，该虫在 1979 年扩展到了中国边界地带，在此后十多年中，该虫一直在向东扩展（现有报道的是哈萨克斯坦和中国新疆），预计最迟将于 2003 年到达日本海和朝鲜的沿海地区。

（二）墨西哥棉铃象 *Anthonomus grandis* Boheman

该虫起源于墨西哥南部和中美洲北部的热带低洼地区，原始寄主是锦葵科 *Hampea* 属的植物，分布区的扩展是由于其食性从 *Hampea* 属植物适应到棉属植物后发生的，分布区扩展的记载见表 7。

表 7 墨西哥棉铃象大事记（引自 Burke，1986）

年 代	事 件	资料来源
1830	模式标本采于墨西哥韦拉克鲁斯地区	Chevrolat（1833）
1843	C. H. Boheman 首次描述了该种	Boheman（1843）
1870	在古巴首次发现	Suffrian（1871）
1880	在墨西哥蒙克洛瓦州和科阿韦拉州危害种植棉	Riley（1885）
1885	首次报道其寄主和习性	Riley（1885）
1894	在得克萨斯州首次发现（可能在 1892 年就有发生了）	Howard（1894）
1903	在路易斯安那州首次发现	Loftin（1946）
1907	扩展到了俄克拉荷马州、阿肯色州和密西西比州	Loftin（1946）
1912	扩展到了亚拉巴马州和佛罗里达州	Loftin（1946）
1913	W. D. Pierce 描述了采于亚利桑那州的瑟伯氏亚种	Pierce（1913）
1916	扩展到了佐治亚州的大西洋海岸	Loftin（1946）
1920	在亚利桑那州首次发现它危害种植棉	Morrill（1921）
1921	在墨西哥西海岸，从马萨特兰州到埃莫西约州均发现它危害野生和种植的棉花	Morrill（1921）
1922	几乎覆盖了美国的东部棉区	Loftin（1946）
1932	在海地首次发现	Audant 等（1937）

（续）

年　代	事　　件	资料来源
1949	在委内瑞拉首次发现	Whitcomb（1953）
1950	在墨西哥奇瓦瓦州博利西亚斯首次发现	Johnson（1963）
1951	在哥伦比亚首次发现	Marin（1981）
1953	在得克萨斯州普雷西迪奥河谷首次发现	Robertson（1957）
1960	在得克萨斯州埃尔帕索首次发现它危害种植棉	Robertson（1966）
1982	在加利福尼亚洲大发生	Dowell（1985）
1983	在巴西首次发现	Sobrinho（1983）

（三）美国白蛾　*Hyphantria cunea*（Drury）

美国白蛾是一种传播力极强的害虫。原产北美洲，约在1940它先传入匈牙利，进一步蔓延到欧洲许多国家。1945年，借着日本战后木材奇缺，美国原木大量倾销日本，美国白蛾由此进入亚洲。1958年到达韩国，1979年在我国辽宁省边境数县发现。20年间向北扩展了700km，平均每年35km。

美国白蛾适应能力极强，幼虫能到处安身、做茧化蛹。辽宁省新金县发现，卡车停在树下时常爬上很多幼虫，而且虫龄以高龄（4～6）幼虫为主。它们在长途跋涉途中虽要死亡一部分，但仍有一部分化蛹并羽化。飞机场附近如有它喜食的植物，幼虫也能爬上飞机作空中旅行。我国陕西武功之所以传入美国白蛾很可能是来自朝鲜的检修飞机所赐，而不可能由汽车或火车携带，如果这样，那么由丹东到武功的铁路沿线恐怕早已变成它的扩展基地了。

（四）舞毒蛾 *Lymantria dispar*（L.）

原产欧洲，传入我国历史已不可考。它之所以传入美国，是1869年由一个美国人想靠该种幼虫的丝开发一项新兴工业故意从欧洲带回国的。开发事业虽然失败，但1905年它却在康涅狄格州的林果区内酿成大害。阔叶林几乎全部受害，6月出现三冬景象。汽车经过林区的路面，因虫尸太厚，比冰面还滑，无法前进。大量幼虫爬进住房到处排粪，直到威胁人们的休息和生活。于是舞毒蛾在1907年被该州宣布为公共敌害，并责成州农业试验站加以根除。虽针对卵块及幼虫做了大量工作，但收效甚微。只是依靠天敌的作用，才使得1936～1945年的10年中零星发生。后由于DDT等农药大量杀伤天敌，1981年该州56.7×10⁴hm²森林又被吃成光杆，经济损失和环境损失是难以估计的。至今舞毒蛾仍是美国森林的重要害虫。

（五）欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilalis*（Hübner）

该虫为古北区虫种，分布范围很广，一直沿伸到我国西北的某些地点。此虫1917年由欧洲传到美国东部，至今美国还称它为European corn borer（ECB）。而我国的主要虫种——亚洲玉米螟 *O. furnacalis* 至今尚未传入美洲应该说是植物检疫的一份功劳了。

（六）苹果蠹蛾 *Cydia pomonella*（Linnaeus）

原产欧洲泰加森林带南部及小亚细亚地区。18世纪末传入北美洲，此后给加拿大新斯科

舍的苹果生产带来严重后果。在本世纪30年代，给果树喷砷酸铅成了唯一的防治办法。加拿大所产的苹果大部销往英国，恰好此时英国在一些公民中发现有铅中毒症状，便怀疑到加拿大苹果上去。一化验果然如此，于是就禁止加拿大苹果进口，使该国苹果种植业衰落下去。美国的阿肯色和密苏里两州原来也是苹果产区，由于没有办法对付苹果蠹蛾，苹果种植业干脆改行工厂化养鸡了。

到目前为止，该虫已广布于全世界除东亚（包括中国东部、日本和朝鲜半岛）以外的所有苹果产地。苹果蠹蛾的传播与人类活动的关系十分密切，是人类帮助其跨越地理屏障，在适宜的新区定居下来。

（七）梨小食心虫 *Grapholitha molesta* Busck

原产中国，最初是桃树害虫（兼害新梢及果）。在若干年前传入日本。本世纪初随着日本的樱花苗传到大洋洲、欧洲、美国和巴西。二战后在北非的摩洛哥已有发现。最近报道在亚美尼亚、新西兰以及南美的智利、阿根廷等国都有发现，已成为世界性害虫之一。通过大量设置梨小食心虫人工合成性外激素诱捕器的追踪监测，近已察觉它有借助国际航线迅速传播的迹象。由于它适应环境能力强，到达新区后只要有可利用的寄主植物和没有竞争者，便能在不到5年的时间内从最初侵入点向外扩散400km。很多国家已将它列入检疫名单中。

（八）地中海实蝇 *Ceratitis capitata*（Wiedemann）

能危害百余种植物的果实，柑橘类受害最重。原产地中海地区，后随着果品多次传入美国。美国是柑橘出口国，对地中海实蝇的防治不惜任何代价。但由于此虫在墨西哥已有了基地，这使美国防治此虫的难度增大。

由于具有适合热带气候、食性杂的特点，地中海实蝇在拉美的传播蔓延也十分迅速。自1903年传入巴西后，它已先后侵入15个国家，侵入范围达拉美土地面积之半。看来传入点不止一个。这里最值得注意的是墨西哥，她在美国的鼓励与支援下，把守南大门（与危地马拉接壤处）达20多年，未让地中海实蝇得逞。但1975年初在萨尔瓦多和危地马拉出现严重的实蝇危害，1977年初墨西哥的防线终于被突破，并开始在境内蔓延。

（九）吹绵蚧 *Icerya purchasi* Maskell

此虫传入美国加利福尼亚州大致在19世纪末，当时加州南部种柑橘才几年。由于该虫的危害，使新生的柑橘业几濒于危。后来正如大家所熟知的，通过从其原产地引进并释放澳洲瓢虫才将吹绵蚧的危害长期控制住。

（十）马铃薯块茎蛾 *Phthorimaea operculella* Zeller

原产南美西部山区，以野生马铃薯和烟草为食。由于幼虫潜食马铃薯块茎，得以随船员食品远传北美洲、大洋洲、亚洲、欧洲、非洲的50多个国家和地区。直到最近，该虫在个别货轮上仍有发现，如英国、丹麦等国均有截获记录。此虫约在本世纪30年代传入我国。由于我国地势西南高而东北低，此虫又首先传入西南，因此它扩散的势头一直是朝着东北方向。但是随着海拔的降低，它的危害趋于减弱。1963年植检对象普查时，山西省最南部的3个县发现此虫，曾引起省里的重视，深恐其继续向北传入雁北马铃薯产区。后经深入研究，肯定了

此虫越冬的北限在1月平均温度0℃线以南，0℃线以北（如山西南部）虽有发生，也是马铃薯块茎蛾成虫顺风飞翔遇上植株产卵造成的。但成虫飞翔能力大致不超过50km，晋南即形不成虫源，雁北就不怕它传入。事实上近20年马铃薯块茎蛾在我国不但再没有扩展，危害程度也在不断下降（这可能和天敌控制有关）。

（十一）白蚁

白蚁由于生活隐蔽、繁殖迅速，日常生活于木材、包装箱、商品货物以及交通运输车辆和船只的木结构内，所以很容易在不同的区域间互相传播。在国与国之间或国内的不同地区间，由于白蚁的传播，曾出现过许多严重疫情。所以白蚁应该列为检疫的一个主要对象，但过去由于种种原因未能引起应有的重视。

早在19世纪初人们就发现不同区域白蚁的互相传播。原产于地中海地区和土耳其小亚细亚的橙黄木白蚁 *Kalotermes flavicollis* (F.)，1961年传入英国利物浦。北美一种散白蚁——欧美散白蚁 *Reticulitermes flavipes* (Kollar) 原产于美国东部各州、墨西哥北部和危地马拉等地，于1837年在接近奥地利维也纳的地方发现，随后又传入德国的汉堡和加拿大的安大略。这样的例子在白蚁传播中已屡见不鲜。至今世界上白蚁由一地传播到另一地，并且在离开原产地的新环境下能生存繁殖、建群危害的例子很多，记录在案的就有40多种（见表8～11）。

表8　橙白蚁属 *Incisitermes* 已传入其他地区或国家的种类

种　类	原　产　地	被传入的国家或地区
I. immigraus (Snyder)	美国（夏威夷）、法国（马克萨斯群岛）、厄瓜多尔（科隆群岛）、中美洲和南美洲	美国（贾维斯岛） 范宁岛
I. minor (Hagen)	美国（西部各州）	美国（俄亥俄州：克里夫兰）(1952) 美国（俄克拉荷马州）(1957) 美国（阿肯色州：史密斯堡）(1962) 美国（马里兰州：贝塞斯达）(1962) 美国（农阿华州：斯托姆湖）(1962) 美国（得克萨斯州：圣安东尼奥）(1963)
I. nigritus (Snyder)	危地马拉	美国（加利福尼亚州：旧金山）(1945)

表9　堆砂白蚁属 *Cryptotermes* 已传入其他地区或国家的种类

种　类	原　产　地	被传入的国家或地区
麻头堆砂白蚁 *C. brevis* (Walker)	西印度群岛和加勒比 中美洲和南美洲	美国（夏威夷）（大约1900） 美国（佛罗里达州：基韦斯特）(1919) 美国（路易斯安那州） 中国（香港） 法国（马克萨斯群岛） 中途岛（1951） 南非（德班）（1920以前） 西班牙（加那利群岛） 智利（复活节岛）（1965以前） 法国（新喀里多尼亚）

（续）

种　类	原　产　地	被传入的国家或地区
截头堆砂白蚁 *C. domesticus*（Haviland）	印度-马来亚	巴拿马（塔波加岛）（1926以前） 萨摩亚群岛 所罗门群岛 美国（新不列颠：拉包尔） 斐济（苏氏） 澳大利亚（星期四岛） 法国（社会群岛） 法国（塔希提岛） 美国（关岛） 中国（广东、广西、云南、台湾）
长颚堆砂白蚁 *C. dudleyi* Banhs	斯里兰卡-菲律宾	巴拿拉（1890以前） 哥斯达黎加（圣何塞）（1925） 孟加拉国（库尔纳）（1955） 印度（奥里萨邦）（1956～1957） 肯尼亚、坦桑尼亚和索马里 中国（海南）
叶额堆砂白蚁 *C. hariland* （Siosted）	非洲东部国家和比属刚果	马达加斯加 赤道几内亚（比奥科岛）（1873） 尼日利亚（哈科特港） 科摩罗（非洲） 欧罗巴岛（印度洋） 特立尼达 不列颠群岛 圭亚那 科特迪瓦 中国（海南）

表10　散白蚁属 *Reticulitermes* 已传入其他地区或国家的种类

种　类	原　产　地	被传入的国家与地区
欧美散白蚁 *R. flavipes*（Kollar）	美国（东部各州） 墨西哥（北部） 危地马拉	奥地利（维也纳）（1837） 德国（汉堡）（1937） 加拿大（安大略）（1935－1938）
美国散白蚁 *R. hesperus* Banhs	美国（东部各州）	美国（夏威夷：檀香山）（1926）
R. lucifugus（Rossi）	德国（汉堡）	美国（加利福尼亚）（1908前）
黄胸散白蚁 *R. speratus*（Kolbe）	日本、朝鲜	美国（夏威夷：檀香山）（1922） 中国（辽宁、河北、山东）

表11　家白蚁属 *Coptotermes* 已传入其他地区或国家的主要种类

种　类	原　产　地	被传入的国家或地区
C. acinasciformis（Froggatt）	澳大利亚	新西兰（奥克兰）
C. amanii（Sjostedt）	坦桑尼亚（桑给巴尔）	南非（德班）
家白蚁 *C. formosanus*（Shiraki）	中国（台湾和长江以南各省） 日本	美国（夏威夷：檀香山）（约1900） 美国（关岛）、中途岛 马绍尔群岛 南非（西蒙斯敦）（1925）， 南非（科马蒂普特）（1958） 美国（得克萨斯州）（1965）， 美国（路易斯安那州）（1966） 美国（佛罗里达州）

（续）

种　类	原　产　地	被传入的国家或地区
C. frenchi Hill	澳大利亚	新西兰（奥克兰）
C. havilandi Holmgren	亚州东南部和印度尼西亚	马绍尔群岛（1932 前） 毛里求斯（1936 前） 巴巴多斯 牙买加 巴西（圣保罗，桑托·里约热内卢）
C. heimi (Wasmann)	印度和巴基斯坦	新加坡
C. lacteus (Froggatt)	澳大利亚	新西兰（奥克兰）
C. testaceus (L.)	特立尔达、多巴哥和南美洲	巴巴多斯
C. vastator Light	菲律宾	美国（夏威夷，檀香山）(1918)

（十二）三叶草潜叶蝇 *Liriomyza trifolii* (Burgess)

1977 年欧洲很多国家都初次报道了起源于美国的一种蔬菜和观赏植物的危险性害虫——美国三叶草潜叶蝇 *Liriomyza trifolii* (Burgess)（双翅目：潜蝇科），异名为 *L. allivora Frick* 和 *L. phascolunulata* Frost。这种小型蝇类在欧洲称作美国蛇形潜叶蝇、菊花潜叶蝇、大丁草潜叶蝇，或简称美国潜叶蝇、美国三叶草潜叶蝇。

据推测，这种害虫从美国佛罗里达随着菊花苗最先到达肯尼亚和马耳它。1973 年以后，美国三叶草潜叶蝇通过菊花、大丁草和其他植物被运送到非洲各国、南美洲、日本和几个欧洲国家：荷兰、英国、德国、丹麦。在荷兰温室内，该虫通过大丁草的出口传播到欧洲很多国家。1977 年发现于法国和南斯拉夫，在一年期间该虫定居在所有栽培大丁草的温室内。1978 年该害虫侵入意大利，此后 10 年间广泛地蔓延到西班牙的整个国土。目前这种害虫也发现于挪威、瑞典、芬兰、瑞士、匈牙利、希腊、罗马尼亚、波兰等国，在我国也已广泛分布。

美国三叶草潜叶蝇发生于 15 科 60 属的 122 种植物上，主要在 33 种植物上危害，比较喜欢菊花、大丁草、石竹、银连花、报春花、大丽菊、旱金莲、丝石竹、莴苣、芹菜、葱、蒜、番茄、马铃薯、菜豆、豌豆、大豆、南瓜、香瓜、苜蓿等。最初危害菊花和大丁草，后来逐渐转移到蔬菜上。

（十三）波氏香蕉象 *Polytus mellerborgii* (Boheman)

此虫是印度-马来亚的土著种。通过商业活动，已分布于世界香蕉种植区，从太平洋的玻里尼西亚群岛的东南部通过美拉尼西亚、印度-马来亚、中国的华南、缅甸、斯里兰卡、印度洋各岛到马达加斯加都有分布。后来又在墨西哥和中美洲定居。

以上害虫，有的曾经是检疫对象但因分布已很普遍不再是了，有的还没有等到列为检疫对象就已经分布广泛或有了较好的防治办法，还有的还未列入植检对象，它们的共同特点是扩展迅速。

第二节　人类活动对昆虫分布的限制和种的灭绝

人类活动不仅帮助昆虫传播，而且也总是有意或无意地在削弱或限制昆虫种类的分布幅

度。

一、检疫措施

鉴于有害生物的跨地区跨国界的传播给农业生产带来的严重危害，人们逐渐认识到防患于未然的必要性，植物检疫因运而生。

实际上，美国和日本等国植物检疫制度确立的直接起因在于吹绵蚧的侵入。美国的加利福尼亚州，在发现了澳大利亚侵入的吹绵蚧后引发了该州施行植物检疫的动机。同样，日本也由于从美国传入的吹绵蚧，于 1913 年（大正 2 年）制定了《出口植物检疫证明规程》。

的确，植物检疫在防止检疫昆虫的传播中发挥了作用。如地中海实蝇在拉美的传播蔓延是很凶的。因而墨西哥在美国的鼓励与支援下，把守南大门（与危地马拉接壤处）达 20 多年。我国也曾两次截获地中海实蝇但因成功地检疫而未传入。

检疫的另一方面作用是铲除传入的检疫性害虫。据记载，美国 1929 年第一次在佛罗里达州果树上发现地中海实蝇成虫；1956～1957 年和 1962～1963 年在佛罗里达州发现两次，1966 年在得克萨斯州发现一次，1975～1976 年在加利福尼亚州洛杉矶发现一次，1980 年又在洛杉矶发现一次，在南湾区的圣塔克拉拉县一次。每次都及时采取措施扑灭了。

但必须看到，直接针对昆虫本身的植物检疫制度，总体来说在防虫上还是脆弱的，应不断地加强并进行全球范围内的协作。

二、破坏生态环境

人类对昆虫分布的影响往往是由于对生态环境和生物群落的影响而造成的，并非直接针对昆虫本身。这是一个矛盾的两个方面，人类对生态环境的影响，对一些昆虫来说可能导致其种群的减少甚至绝灭，但对另一些昆虫而言可能会更有利。

（一）对自然环境的破坏

当人类成为地球的主宰之后，他就以自己的功利目的改造自然。对自然环境的破坏，往往是出于对自然的无知。

如远古人类大规模的摞荒、开荒，就造成了大量林木等植被的毁灭。又如人类对于自然资源盲目开发和浪费，造成了生物生境的严重破坏和崩裂，生物群落由此剧变，一些种类的昆虫被迫迁移或因此而绝灭。如舞毒蛾 *Lymantria dispar* L. 从前生活在东英格兰沼泽地上，但现已在不列颠群岛灭绝。

进入工业化社会后，大量工业污染也是对昆虫的严重不利因素。

（二）农业生境的改变

这是指人类采取不同的农业生产方式改变农田生境而造成昆虫等生物的演替，如作物种类的变化、耕作制度的变化、管理措施（改变生境、施用化学农药等）等；对害虫的专项治理，如我国对东亚飞蝗的根治等。

第六章　地理信息系统及其在昆虫生物地理学中的应用

第一节　地理信息系统概述

一、基本概念

（一）信息与地理信息

信息（information）是用数字、文字、符号、语言等介质来表示事件、事物和现象等的内容、数量或特征。它向人们（或系统）提供关于现实世界新的事实和知识，作为生产、管理、经营、分析和决策的依据。

信息来自数据（data），数据是描述客观事物的原始资料。数字、文字、符号、图形、影像等都是数据。数据是信息的表达形式或称载体，而信息则是数据的内容。数据只有经过加工或解译之后才能产生信息。

地理信息（geographic information）是指与所研究对象的空间地理分布有关的信息。它表示地表物体及其地理环境中固有要素或物质的数量、质量、分布特征、联系和规律。地理信息是地理实体（georgraphic entity）所具有的，它是一种空间信息（spatial information），具有区域性、多维结构以及动态变化的特征。

（二）系统与信息系统

所谓系统（system），是指一些部件为了某种目标而有机地结合成的一个整体。它具有以下特点：①系统是由部件组成的，部件处于运动状态；②部件之间存在着联系；③系统行为的输出也是对目标的贡献，系统各主量和的贡献大于各主量贡献之和，即由系统的观点 1+1>2；④系统的状态是可以转换的，在某些情况下系统有输入输出，系统状态的转换是可以控制的。

信息系统（information system）是指能对数据和信息进行采集、存贮、加工和再现，并能回答用户一系列问题的系统。信息系统具有数据的采集、管理、分析和表达四大功能。

（三）地理信息系统（GIS）

地理信息系统这一名词是从英文 georgraphic information system 或 geoinformation system（简称 GIS）直译过来的。GIS 作为一个专门的科学术语，最早出现于 1968 年，由加拿大人 R. F. Tomlinson 在联邦科学与工业研究组织（CSIRO）的一次学术会议上正式提出。现在，GIS 这一术语已经在世界各国在各行各业中广为使用。地理信息系统中的“地理”，实际上是“空间”的代名词，其本质即为空间之意。因此，地理信息系统应当被理解为“空间信息系统”（spatial information system）。

关于地理信息系统的概念，目前还没有完全统一的认识。R. F. Tomlinson 认为，“地理信息系统本身并不是一个单独的领域，而是信息处理和许多涉及空间分析技术的领域之间的一个共同基础。”K. C. Clark 将地理信息系统看成“一种对空间数据进行采集、存储、提取、分析和显示的工具。”国际测量师联合会（FIG）给地理信息系统所下的定义则是“一个协助发展与规划及做出决定的工具”。在我国，地理信息系统通常又被称作“资源与环境信息系统（resources and environmental information system，简称为 REIS）”。陈述彭等（1991）认为，“地理信息系统是在计算机软、硬件支持下，把各种地理信息按空间分布或地理坐标，以一定格式输入、存贮、查询检索、显示和综合分析应用的技术系统。”

二、地理信息系统的数据结构、组成与功能、类型与应用

（一）地理信息系统的数据结构

地理信息系统的空间数据结构一般有矢量（vector）和栅格（grad）两种类型的表示方法。矢量数据用一系列矢量（点、线和多边形）来表示物体的空间位置。栅格数据用若干大小相等的网格表示图形，每一网格附有一特定的数据，反映物体的空间特征。

两种数据结构在实际应用中各有优势和不足。矢量数据结构紧凑、冗余度低，计算量小，可方便地用来进行线状地图计算机输入和拓扑分析，但算法比较复杂。栅格数据算法简单，便于遥感数据和其他影像资料的录入、处理和分析，但计算量大。

（二）地理信息系统的组成与功能

地理信息系统作为一个系统，是由一系列相关的硬、软件构成，能够实现地理信息的采集、处理、分析和应用等一系列功能。

地理信息系统一般由四个基本部分组成，即计算机硬件设备（hardware）、计算机软件系统（software）、数据和系统的组织管理者（lifeware）。地理信息系统的硬件部分由计算机与一系列外围设备联接形成，用于存贮、处理和显示地理信息和数据。软件部分包括一系列的计算机系统软件和各种应用软件。

地理信息系统是一种在计算机硬、软件支持下，把空间数据及相关的各类属性数据以一定的格式输入、存贮、检索、显示和综合分析应用的技术系统，主要具有以下六大基本功能：数据采集与编辑、数据库管理、制图与地形分析、空间查询与空间分析、数据更新、数据显示与输出。

（三）地理信息系统的类型与应用

各种不同的地理信息系统，按其数据结构类型可以划分为矢量型地理信息系统、栅格型地理信息系统及混合型地理信息系统；按其用途可以划分为资源与环境监测信息系统、空间信息分析评估信息系统等等；按其范围则可以划分为全球性的地理信息系统、区域性的地理信息系统和局部的地理信息系统。

黄杏元（1991）将地理信息系统划分为 3 种类型：①综合型地理信息系统，按全国统一标准存储国家范围内各类自然和社会经济要素，提供全国性咨询，如加拿大地理信息系统（CGIS）和我国的 1∶100 万国土基础信息系统等；②区域型地理信息系统，以某个地区作为研究和分析对象，为区域研究、规划与管理提供信息，如美国明尼苏达州土地管理信息系统

(MLMIS)、我国黄土高原信息系统（LPIS）等；③专题型地理信息系统，以某一专业、任务或现象为主要内容的地理信息系统，如美国地震数据分析系统、我国森林资源信息系统等。

各种类型的地理信息系统都是为某种应用目的而建立的，以处理各种空间实体的空间关系为主要特征，其应用水平与计算机软、硬件技术、地理信息系统工程的组织及其效益密切相关，应用范围遍及区域规划、经营管理和科学研究的众多领域。不同国家、不同地区对地理信息系统的应用存在着很大的差别。在一些发达国家，地理信息系统已成为科学家、规划人员、行政管理人员工作的基本工具，以应用于城市和设施管理为特征。发展中国家则侧重于资源管理。美国和加拿大在地理信息系统技术应用中占主导地位。欧洲地理信息系统应用主要集中于西欧，最成功的领域是地籍信息系统。同时，一些大型的州际系统如全欧数字地图计划（CORINE）和“欧洲数字道路地图”计划已在进行之中。亚洲和大洋洲地区地理信息系统的应用发展很快，目前几乎所有亚太国家和地区都不同程度地开展了地理信息系统的研究与应用，其中以中国、澳大利亚和日本最为活跃。

第二节　地理信息系统在昆虫生物地理学中的应用

昆虫生物地理学研究昆虫的地理分布规律，并揭示其与地理环境及地质历史之间的关系，涉及大量的生物因子与环境因子的基础数据和图件。用传统的方法进行研究，往往需要耗费巨大的人力和财力进行各种数据资料的收集、整理、处理和分析。地理信息系统作为一种有效的空间分析技术，为昆虫生物地理学的研究提供了存贮、管理、分析、显示和输出这些生物和环境地理数据的有力工具，使昆虫学家和技术管理人员能够获得实时和科学的各种基础数据和分析结果，并且大大简化了数据管理和分析的基本环节，从而成为昆虫生物地理学研究环境因子和昆虫地理分布之间关系的一种极为有效的手段。

一、昆虫生物地理信息系统的构成

昆虫生物地理信息系统一般也由计算机硬件、软件、数据以及系统的组织管理者四个基本部分组成，能够实现昆虫生物地理分布及环境信息的数据采集与编辑、数据库管理、空间查询与空间分析、制图等等基本功能。

昆虫生物地理信息系统的硬件系统包括计算机及相应的输入/输出设备，通常有数字化仪、扫描仪、磁带机、打印机、绘图仪等等。图 6 显示了一个昆虫生物地理信息系统的最基本的硬件配置。

昆虫生物地理信息系统的软件系统是包括以下 6 个子系统的一整套完整的软件体系：计算机系统软件、数据输入子系统、数据编辑子系统、数据管理子系统、数据分析子系统和数据输出子系统。

昆虫生物地理信息系统的数据可以划分为空间数据和属性数据两大类。空间数据用来定义图形和制图特征的位置，包括地图、田间点图、遥感影像等各种图形和影像资料。属性数据用来定义空间数据或制图特征表示的内容。包括生物及环境因子的各种文字材料、统计资料、观测数据等等。如昆虫的名称及其特征、生态环境的文字描述和表格记录等。

昆虫生物地理信息系统的核心是一个昆虫生物地理数据库，用来存贮昆虫生物地理实体的空间数据和属性数据。昆虫生物地理数据库决定了昆虫生物地理信息系统的性质和规模。

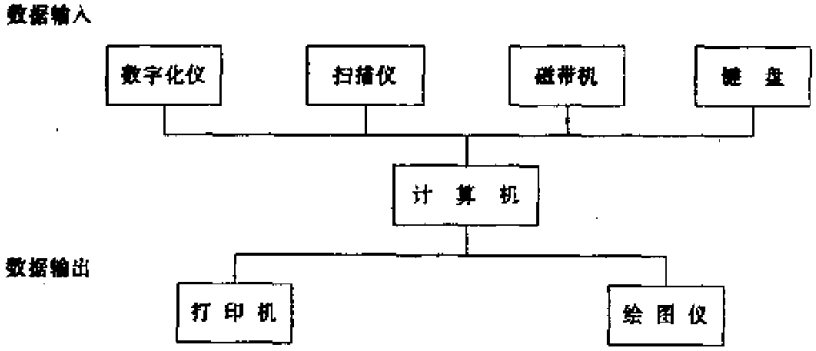

图6 昆虫生物地理信息系统的基本硬件配置

二、昆虫生物地理信息系统的建立

昆虫生物地理信息系统的建立包括系统的总体设计、昆虫生物地理数据库的建立和各种应用分析模型的开发等基本环节。

（一）总体设计

在开始建立一个昆虫生物地理信息系统之前，首先要明确建立系统的目的、意义和任务，进行系统需求及数据源的调查与评估，拟定系统的组成与功能、数据库的内容，确定建立系统的基本思路和人员培训、经费预算。并搞好可行性分析与论证。

（二）数据资料的收集、整理与编码及图形数据的预处理

建立数据库之前，应该根据需要广泛收集生物及环境的数据资料并进行整理、归类与编码，对图形资料还需要进行清绘等预处理，对遥感影像和从其他系统引用的数据需要进行一定的转换。

（三）数据库的建立

包括各类数据资料的输入、编辑、分析与存储。

空间数据的采集主要通过手扶跟踪数字化和扫描来实现，或者从遥感影象中获取。各种图形输入计算机之后需要进行拓扑关系的建立、图形编辑与分析、符号和颜色的设计等等操作。

属性数据的输入主要通过键盘来完成。昆虫生物地理信息系统中一般采用关系数据库管理系统（relational data base management system，简称 RDBMS）来进行属性数据的编辑与分析。

空间数据和属性数据在昆虫生物地理信息系统中分别存储，并通过一个标识码相互联系起来。

（四）应用模型的建立

一个性能良好的昆虫生物地理信息系统，往往设计有一个模型库，包含系统运行中需要的各种分析和应用模型。如数理统计分析模型、多元统计分析模型、害虫风险分析模型等。

（五）结果输出

昆虫生物地理信息系统的分析结果通过打印机或绘图仪以图形、表格和文字等各种形式输出。

三、实例

自80年代以来，地理信息系统在生物学领域中得到了越来越广泛的应用，特别是在森林和草原管理以及大规模的农林有害生物综合治理中，发挥了极其重要的作用。在昆虫生物地理学中，地理信息系统主要是作为一种空间分析手段应用于昆虫的地理分布和害虫风险分析等方面的科学研究及生产与管理实践之中。例如，D. J. Field 和 M. A. Brusven（1993）的“爱达荷南部牧草地蝗虫密度与生态失调的空间分析”，H. C. Park，T. W. Bae 和 J. D. Majer（1994）的“澳大利亚西部产麦区植被和土壤类型对白蚁蚁窠密度和分布的影响”，D. L. Johnson（1993）的“生态区与害虫风险分析”，R. W. Sutherst 和 G. F. Maywald（1990）的“澳大利亚西亚气候变化对虫病危害的影响”，林伟（1994）的“苹果蠹蛾在中国危险性的初步研究”等等。

D. J. Field 等在“爱达荷南部牧草地蝗虫密度与生态失调的空间分析”中建立的系统录入了爱达荷州牧草地1974～1986年共13年的蝗虫调查数据，建立了蝗虫密度与生态环境之间的相关关系，用于确定蝗虫高密度易发区，以评价经营措施对蝗虫密度的影响。地理信息系统主要用于进行蝗虫生态类群、海拔高度与蝗虫密度图的叠置分析。应用地学统计的空间分析技术获得的研究结果显示，受野火及1年生有毒植物严重干扰的地区，蝗虫密度比干扰小的地区要大得多，说明野火和其他原因造成的灌丛破坏引致蝗虫高密度发生。

H. C. Park 等在他们的研究中，以昆虫生物地理信息系统为手段分析了澳大利亚西部 Durokoppin 自然保护区植被和土壤类型对一种白蚁 *Drepanotermes tamminensis* 蚁窠密度及其分布的影响。结果表明，*Drepanotermes tamminensis* 的蚁窠密度在一种桉树 *Eucalyptus capillosa* 占优势的林地和大麻黄植被（*Allocasuarina campestris* 为主）下最大，而与土壤类型无关。

D. L. Johnson 应用生态区分析和预报植物害虫的活动，作为改进加拿大中部和西部蝗虫预报的一种手段。采用地理信息系统预报地理变化和蝗灾暴发的严重程度，比较按湿度等级、植被、土壤和气候划分的生态区在包括3个不同的暴发期的21年时间里的害虫密度及其变化。Johnson 建立的系统的数据库中存贮了分布在5个生态区的22 228个调查点的调查数据。点分析表明，即使考虑年际变异和暴发状况，生态区仍然是影响害虫活动一个重要的因素。同时，运用叠置分析的方法确定了每2年内蝗虫数量增减的可能性，结果表明，不同的生态区内蝗虫增减的速度和时间差异很大。

林伟运用地理信息系统进行了苹果蠹蛾 *Cydia pomonella*（L.）在中国的潜在分布预测。该研究首先在计算机中输入了世界和中国约3 000个点的各种气候因子（温度、湿度、降水和光照等）和生物因子（有害生物、寄主和天敌等）等属性数据和各研究地理区域（全球、各洲、中国等）的图形数据，建立起包含有各地理区域各月各种气候因子图层和生物因子图层的空间数据库。然后，将苹果蠹蛾已知分布图与各种气候和生物因子图层进行叠置分析，研究

各种环境因子（气候和生物因子）与苹果囊蛾地理分布之间的关系，确定苹果囊蛾地理分布的限制因子及其限制因子值。最后，将得到的限制因子值输入地理信息系统中，用于预测苹果囊蛾在中国潜在的适生区分布。

参 考 文 献

1. 马世骏．1959. 中国昆虫生态地理概述．北京：科学出版社．
2. 王书永．1990. 横断山区昆虫区系初探．昆虫学报，33（1）：94—101.
3. 王书永，杨星科，谭娟杰．1993. 中国四十年来昆虫区系考察的成就．系统进化动物学论文集，北京：中国科学技术出版社．2：1—8.
4. 王书永，谭娟杰．1992. 横断山区昆虫区系特征及古北、东洋两大区系分异．横断山区昆虫，北京：科学出版社．1：1—45.
5. 王乔，蒋书楠．1988. 四川卧龙自然保护区天牛区系及其起源与演化的研究．昆虫分类学报，10（1—2）：131—141.
6. 王保海，袁维红等．1992. 西藏昆虫区系及其演化．郑州：河南科学技术出版社．
7. 王荷生．1992. 植物区系地理．北京：科学出版社．
8. 王爱萍．1993. 台湾新发现的植物病虫害．植物检疫，7（3）：195.
9. 王献溥，刘玉凯．1994. 生物多样性的理论与实践．北京：中国环境科学出版社．
10. 北京农业大学（主编）．1981. 昆虫学通论（下册）．北京：农业出版社．734—743.
11. 北京师范大学．1961. 动物学基础与动物地理学．北京：人民教育出版社．
12. 中国动物学会．1963. 动物生态及分类区系专业学术讨论会论文摘要汇编(1962)．北京：科学出版社．
13. 中国旧金山总领馆．1981. 在美国加州最近的一次围剿实蝇的战役．植物检疫参考资料，1981，(4)：1—2.
14. 中国科学院自然区划工作委员会．1959. 中国动物地理区划与中国昆虫地理区划（初稿）．北京：科学出版社．
15. 方三阳．1993. 中国森林害虫生态地理分布．哈尔滨：东北林业大学出版社．
16. 朱弘复．1987. 动物分类学理论基础．上海：上海科学技术出版社．
17. 邬建国．1989. 岛屿生物地理学理论：模型与应用．生态学杂志，(6)：34—39.
18. 李德仁，龚健雅，边馥苓．1993. 什么是GIS?（地理信息系统讲座之一）．测绘通报，(4)：36—41.
19. 李德仁，龚健雅，边馥苓．1993. 地理信息系统的硬件环境（地理信息系统讲座之二）．测绘通报，(5)：31—37，41.
20. 李德仁，龚健雅，边馥苓．1993. GIS的基本功能（地理信息系统讲座之三）．测绘通报，(6)：28—35.
21. 李德仁，龚健雅，边馥苓．1994. GIS的数据组织与处理方法（地理信息系统讲座之四）．测绘通报，(1)：28—37.
22. 李德仁，龚健雅，边馥苓．1994. GIS的应用（地理信息系统讲座之五）．测绘通报，(2)：33—39.
23. 杨惟义．1937. 中国昆虫之分布．科学，21（3）：205—216.

24. 吴鸿（主编）. 1995. 华东百山祖昆虫. 北京：中国林业出版社.
25. 吴鸿，方志刚. 1995. 浙江古田山昆虫区系研究. 浙江林学院学报，12 (1)：63—72.
26. 吴鸿，俞平. 1991. 西天目山昆虫区系初探. 浙江林学院学报，8 (1)：71—77.
27. 吴燕如. 1992. 中国昆虫分类学研究进展. 昆虫知识，29 (3)：139—142.
28. 何建邦，钟耳胜. 1993. 论地理信息系统及其在地理学中的地位. 地理学报，48 (1)：84—90.
29. 邹钟琳. 1980. 昆虫生态学. 上海：上海科学技术出版社.
30. 张荣祖. 1979. 中国自然地理——动物地理. 北京：科学出版社.
31. 张荣祖. 1990. 历史生物地理学新趋势——分衍生物地理学（vicariance）. 动物学杂志，25：47—49.
32. 张莉. 1992. 近年来主要植物害虫的世界分布. 植物检疫，6 (3)：178—182.
33. 张遵雄. 1993. 加入关贸总协定对植检工作带来的机遇与挑战. 植物保护，19 (2)：32—33.
34. 陆庆光. 1994. 动植物检疫法与国外天敌引种. 植物检疫，8 (4)：228—229.
35. 陈述彭. 1987. 资源与环境信息系统的进展. 遥感信息，(3)：2—3.
36. 陈述彭. 1991. 地理系统与地理信息系统. 地理学报，46 (1)：84—90.
37. 陈鹏（主编）. 1986. 动物地理学. 北京：高等教育出版社.
38. 林伟，陈克. 1996. 地理信息系统及其在植检领域的应用前景. 植物检疫，10 (2)：81—83.
39. 林伟，林长军，庞金. 1996. 生态因子在苹果蠹蛾地理分布中的应用. 植物检疫，10 (1)：1—7.
40. 林冠伦，刘定俊. 1988. 昆虫传播与植物检疫. 植物检疫，2 (1)：5—10.
41. 周明镇，张弥曼，于小波编译. 1983. 分支系统学译文集. 北京：科学出版社.
42. 郑乐怡. 1987. 动物分类原理与方法. 北京：高等教育出版社.
43. 赵铁桥. 1992. 历史生物地理学进展. 昆虫分类学报，14：39—51.
44. 赵铁桥. 1995. 系统生物学的概念和方法. 北京：科学出版社.
45. 姚文国. 1994. 我国害虫检疫工作中值得注意的几个问题. 植物保护，20 (4)：36—37.
46. 候陶谦（主编）. 1990. 森林昆虫研究进展. 扬陵：天则出版社.
47. 黄杏元，汤勤. 1990. 地理信息系统概论. 北京：高等教育出版社.
48. 黄复生. 1981. 西藏高原的隆起和昆虫区系. 西藏昆虫，北京：科学出版社. 1：1—34.
49. 黄复生. 1982. 大陆漂移和缺翅目的进化. 动物学研究，3 (3)：270—274.
50. 黄复生. 1993. 白蚁与检疫. 北京昆虫学会首届植物检疫学术会论文集. 56—60.
51. 黄复生，杨星科. 1992. 西南武陵山地区昆虫区系. 西南武陵山地区昆虫，北京：科学出版社. 1—19.
52. 黄复生，黄春梅，刘举鹏. 1981. 西藏蝗虫区系及其演替的研究. 昆虫分类学报：3 (3)：157—170.
53. 黄复生等. 1987. 云南森林昆虫区系. 云南森林昆虫，昆明：云南科学技术出版社.

13－19.
54. 曹坤芳. 1989. 岛屿生物地理学与自然保护区的建立. 生态学进展, 6(3): 172－178.
55. 曹骥, 李学书, 管良华, 李先誉. 1988. 植物检疫手册. 北京: 科学出版社.
56. 章士美. 1986. 西藏蜂科昆虫区系分析. 昆虫学报, 29 (4): 426－431.
57. 章士美. 1986. 农业昆虫地理学专辑. 江西农业大学学报.
58. 梁启章. 1995. GIS 和计算机制图. 北京: 科学出版社.
59. Burke, H. R. (陈宏译). 1988. 墨西哥棉铃象的起源与分布. 植物检疫, 2 (3): 209－211.
60. Cox, C. B. 和 P. D. Moore (赵铁桥, 杨正本译). 1985. 生物地理学－生态和进化的途径. 北京: 高等教育出版社.
61. Fridriksson, S. (宋树恢译). 1983. Surtsey 岛上的生命发展. 陆地生态译报, (1): 43－52.
62. Mayr, E., E. G. LinsleyandR. L. Usinger. 1964. (郑作新等译), 动物分类学的方法和原理, 北京: 科学出版社.
63. 奥德姆 E. P. (孙儒泳等译). 1982. 生态学基础. 北京: 人民教育出版社.
64. Price, P. W. (北京大学生物系译). 1981. 昆虫生态学. 北京: 人民教育出版社. 437－460.
65. Andrewartha, H. G. and L. C. Birch. 1954. The distributioon and abundance of animals. Univ. Chica. 706－720.
66. Brown, J. H. and A. C. Gibson. 1983. Biogeography. St. Louis; Toront/London. the C. V. Mosby Company.
67. Chen, Xuexin & Junhue He. 1997, Revision of the subfamily Rogadinae (Hymenoptera: Bracoridae). Zool. Verh. Leiden 308: 1－187
68. Craw, R. C. 1979. Generalized tracks and dispersal in biogeography: a response to R. M. McDowall. Syst. Zool., 28: 99－107.
69. Craw, R. C. 1982. Phylogenetics, areas, geology and the biogeography of Croizat: a radical view. Syst. Zool., 31: 304－316.
70. Croizat, L. 1958. Panbiogeography. Published by the author, Caracas.
71. Croizat, L. 1964. Space, time and form: the biological synthesis. Published by the author, Caracas.
72. Darlington, P. J., Jr. 1957. Zoogeography: the geographic distribution ofanimals. John Wiley & Sons., New York.
73. Dears, N. 1985. Basic biogeography (2nd ed). Longmans, London.
74. Diamond, J. M. et al. 1981. Island biogeography and the design of natural reserves, theoretical ecology. Blackwell. Oxford.
75. Environmental Systems Research Institute, INC. 1993. Understanding GIS －the ARC/INFO method. Bath Press, Avon, Gr. Br.
76. Field, D. J. and M. A. Brusven. 1993. Spatial analysis of grasshopperdensity and ecological disturbance on southern Idaho rangeland. Agric. Ecosys. Environ., 43

(1) 31—47.

77. Gressitt, J. L. 1958. Zoogeography of insects. Ann. Rev. Entomol., 3:207—230.
78. Gressitt, J. L. 1974. Insect biogeography. Ann. Rev. Entomol., 19: 293—321.
79. Hennig, W. 1965. Phylogenetic systematics. Ann. Rev. Entomol., 10: 97—116.
80. Hennig, W. 1966. Phylogenetic systematics. Univ. Illin. Press, Urbana.
81. Humphries, C. J. & L. R. Parenti. 1986. Cladistic biogeography. Charendon, Oxford.
82. Illies, J. 1983. Changing concepts in biogeography. Ann. Rev. Entomol., 28: 391—406.
83. Johnson, D. L. 1993. Ecological zonation and pest risk analysis, international approaches to plant pest risk analysis. Proc. APHIS-NAPPO Exotic Agric. Pest: 113—122.
84. Kendeigh, S. C. 1961. Animal ecology. Prentice Hall Inc. 268—292.
85. Krebs, C. G. 1978. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance.
86. MacArthur, R. H. 1972. Geographical ecology. New York. Harper and Row. 79—126.
87. MacArthur, R. H. et al. 1967. The theory of island biogeography. Princeton Univ. Press.
88. Munroe, E. 1965. Zoogeography of insects and allied groups. Ann. Rev. Entomol., 10: 325—344.
89. Myers, A. A. and P. S. Giller (eds). 1988. Analytical biogeography: an integrated approach to the study of animal and plant distribution. Chapmanand Hall, London and New York.
90. Nelson, G. J. 1978. Ontogeny, phylogeny and the biogenetic law. Syst. Zool., 27: 324—345.
91. Nelson, G. J. 1979. Cladistic analysis and synthesis: principle and definitions, with a historical note on Adanson's Familles de plantes (1763—1764). Syst. Zool., 28: 1—21.
92. Nelson, G. J. 1989. Cladistics and evolutinary models cladistics, 5: 275—289.
93. Nelson, G. J. and N. I. Platnick. 1980. A vicariance approach to historical biogeography. Bioscience, 30: 339—343.
94. Nelson, G. and N. I. Platnick. 1981. Systematics and biogeography cladistics and vicariance. Colum. Univ. Press, New York.
95. Park, H. C., T. W. Bae and J. D. Majer. 1994. Influence of vegetation andsoil types on the mound density and distribution of the wheatbelt termite inWestern Australia: Using a geographic information system (GIS). Korean J. Applied Entomol., 33 (3): 153—158.
96. Platnick, N. I. and G. Nelson. 1978. A model of analysis for historical biogeogra-

phy. Syst. Zool., 27: 1—16.

97. Platnick, N. I. and G. Nelson. 1988. Spanning-tree bio-geography: shortcut, detour or dead-end? Syst. Zool., 37: 410—419.

98. Rosen, D. E. 1978. Vicariance patterns and historical explanation in biogeography. Syst. Zool., 27: 159—188.

99. Rosen, B. R. 1984. Reef coral biogeography and climate through the late Cainozoie: just islands in the sun or a critical pattern of islands, in fossils and climate (Brenchley, P. J. et.). Geo. J. Spec., Issue, 11: 201 —262.

100. Rosen, B. R. 1988. From fossils to earth history: applied historical biogeography, in Analytical biogeography (Myers, A. A. and P. S. Giller, eds.): 437—482, Chapman and Hall, London.

101. Strong, D. R. 1979. Biogeographical dynamics of insect—host plant communities. Ann. Rev. Entoml., 24: 89—119.

102. Sutherst, R. W. and G. F. Maywald. 1990. Impact of climate change onpests and dieaeses in Australasia. Search Sydney, 20 (7): 230—232.

103. Thornton, I. W. B. 1985. The geographical and ecological distribution ofarboreal Psocoptera. Ann. Rev. Entomol., 30: 175—196.

104. Tomlinson, R. F. 1972. Geographic data handling. IGV Com. Geogr. Data Sens. Proc., Ottawa.

105. Watts, D. 1971. Principles of biogeography-An introduction to the functional mechanisms of ecosystems. McGraw-Hill, London.

106. Wiley, E. O. 1981. Phylogenetics: the theory and practice of phylogenetic systematics. John Wiley, New York.

107. Wood, T. K. 1993. Diversity in the New World Membracidae. Ann. Rev. Entomol., 38: 409—35.

108. Zwolfer, H. 1988. Evolutionary and ecological relationships of insect fauna of thistles. Ann. Rev. Entomol., 33: 103—122.

术语索引

1. 中英索引

一画

一致树 consensus trees 27
一般性轨迹 generalized track 27

三画

土著性 autochthonous endemic 17
大陆漂移说 13
大洋洲区 Australian Region 18，30，42
马尔加什亚区 40

四画

支序分析 cladistics 25
支序分类学 cladistics 8，19
支序分替生物地理学 cladistic vicariance biogeography 24，26
支序生物地理学 27
支序图 cladogram 19，25
不考虑特有性分类单元系统发生关系的特有性俭约分析 parismony analysis of endemicities 27
历史生物地理学 historical biogeography 2
长距离穿越阻限的扩散 jump dispersal 15
区 region 18
区域支序图 area cladogram 26
区域性 provincialism 17
中印亚界 49
中亚亚界 49
中亚细亚区系 48
中国-喜马拉雅区系 48
贝氏拟态 Batesian 37
分布幅度飘移 range shift 16
分替 vicariance 16
分替生物地理学 vicariance biogeography 2，16，19，24，26
分替论 vicariance theory 24
分替事件 vicariant events 9，16
计算机软件系统 software 76
计算机硬件设备 hardware 76
巴布亚亚区 44

五画

古气候学 paleoclimatology 5
古北区 Palaearctic Region 18，29，30
古生态学 paleoecology 2
古植物学 paleobotany 5
灭绝 extinction 15
东北区 49，53
东亚亚界 49
东洋区 Oriental Region 18，29，35
北方型 52
北方森林 boreal forest 12
北古陆 Laurasia 13
北极苔原 tundra 12
生态位 ecological niche 12
生态生物地理学 ecological biogeography 2
生态学时间 ecological time 11
生态植物地理学 ecological phytogeography 5
生物区系 biota 18
生物地理学 biogeography 1
生物地理线 biogeographic line 18
生物多样性 22
生物的异速生长 allometry 7

生物群落扩散 biotic dispersal 15
生理生态学 physiological ecology 7
矢量 vector 76
印度-马来亚区系 48
半深海区 bathylal zone 13

六画

动物区系 fauna 18
动物的地理分布 zoogeography 2
共同衍征 synapomorphy 19
亚区 subregion 18
亚热带常绿林 subtropical evergreen forest 12
亚海岸区 sublittoral zone 13
过程 process 3
扩散 dispersal 15
扩散生物地理学 dispersal biogeography 25
扩散论 dispersal theory 24
《地质学原理》Principles of Geology 6
地理分布幅度 geographic range 10
地理实体 geographic entity 75
地理信息 geographic information 75
地理信息系统 geographic information system, geo-information system, GIS 75
有机体的扩散 organismic dispersal 15
有光区 limnetic zone 13
西北型 53
西南区 49, 55
西藏区 49
轨迹 track 27
轨迹分析 track analysis 27
同域物种形成 sympatric speciation 14
自然选择 natural selection 14
自游生物 nekton 13
华中区 49, 56
华北区 49, 53
华南区 49, 56
全北区 Holarctic Region 18, 29
全欧数字地图计划 CORINE 77
全球性分布 cosmopolitanism 16
关系数据库管理系统 relational data base management system, RDBMS 78
红树沼泽 mangrove swamp 13
异地特有性 allochthonous endenic 17
异域物种形成 allopatric speciation 14

七画

形式 pattern 3
进化分类学 8
进化生物地理学 evolutionary biogeography 25
进化学时间 evolutionary time 11
均变论 uniformitaranism 4
近岸区 littoral zone 13
近域物种形成 parapatric speciation 14
岛屿生物地理学的平衡理论 22
删简区域支序图 reduced area cladogram 27
系统 system 75
系统发育生物地理学 phylogenetic biogeography 24, 25
系统的组织管理者 lifeware 76
间隔分布 disjunction 8, 16
泛古大陆 Pangea 13
泛生物地理学 panbiogeography 24
灾变说 6
灾害灭绝 catastrophic extinction 15
陆桥岛 45
阻限 barrier 11

八画

非洲区 Afrotropical Region 18, 29, 38
青藏区 49, 55
青藏高原区 52
现实论 actualism 5
直生演化 orthogenesis 7
板块构造和大陆飘移 8

欧洲-西伯利亚区系 48
明尼苏达州土地管理信息系统 MLMIS 77
昆虫生物地理学 insect biogeography 1
昆虫的地理分布 insect biogeography 2
《物种起源》 6，20
物种起源的中心 center of origin18
季风区 51
单系群 monophyly，monophytetic groups 26
浅海区 neritic zone 13
空间信息 spatial information 75
空间信息系统 spatial information system 75
姊妹群 sister group 27
组成成分分析 component-analysis 27

九画

荆棘林 thorn forest 12
南方型 53
南古陆 Gondwanland 3，13
栅格 grad 76
残遗种 relict，epibiotics 17
种扩散 species dispersal 15
适应区域 adaptive zone 12
适应辐射 adaptive radiation 14
俭约性方法 parsimany method 27
信息 information 75
信息系统 information system 75
洋面生物 pelagic organism 13
险阻 sweepstake 16

十画

热带雨林（常绿林）tropical rain forest 12
热带草原 tropical savanna 12
热带落叶林 tropical deciduous forest 12
特有性 endemism 16
特有性俭约分析 parsimory analysis of endemicity 24
资源与环境信息系统 resources and environmental information system，REIS 76
海岸区 littoral zone 12
海洋探测学 bathymetry 12
海洋岛 45
海底生物 benthic organism 13
浮游生物 plankton 13
流水生境 lotic，running water habit 13
通道 corridor 16

十一画

理性生物地理学 conceptual biogeography 2
黄土高原信息系统 LPIS 77
描述性生物地理学 descriptive biogeography 2
累进定则 progression rule 26
假设演绎法 hypothetico-deductive method 3
深水区 profunal zone 13
深海区 abyssal zone 13

十二画

散布或扩散 dispersion 15
植物区系 flora 18
植物生理生态学 plant physiological ecology 7
植物地理学 phytogeography 5
植物社会学 plant sociology 7
植物的地理分布 phytogeography 2
植物检疫 74
植物群落生态学 plant community ecology 7
硬叶灌木林 sclerophyllous woodland，chaparral 12
裂变选择 disruptive selection 14
最小规律 law of the minimum 5
遗传漂移 genetic drift 14
稀矮树地 scrub 12
温带雨林 temperate rain forest 12

温带草原 temperate grassland 12
温带落叶林 temperate deciduous forest 12
温泉 hot spring 13
寒武纪生命大爆炸 20

十三画

蒙新区 49，55
蒙新高原区 52
微生物地理学 microbial geography 2
新北区 Nearctic Region 18，29，33
新热带区 Neotropical Region 18，29，40
数据 data 75
滤阻 filter 16

十四画

静水生境 lentic，standing—water habit 13
缪氏拟态 Millerian 37

十五画

潮间区 intertidal zone 12
潭区 pool zone 13

十六画

激流区 rapids zone 13

二十画

灌木地 shrubland 12
Cope 规则 7
Wallace 线 6，18

2. 英汉索引

A

abyssal zone 深海区 13
actualism 现实论 5
adaptive radiation 适应辐射 14
adaptive zone 适应区域 12
Afrotropical Region 非洲区 18，29，38
allochthonous endenic 异地特有性 17
allometry 生物的异速生长 7
allopatric speciation 异域物种形成 14
area cladogram 区域支序图 26
Australian Region 大洋洲区 18，30，42
autochthonous endemic 土著性 17

B

barrier 阻限 11
Batesian 贝氏拟态 37
bathylal zone 半深海区 13
bathymetry 海洋探测学 12
benthic organism 海底生物 13
biogeographic line 生物地理线 18
biogeography 生物地理学 1
biota 生物区系 18
biotic dispersal 生物群落扩散 15
boreal forest 北方森林 12

C

catastrophic extinction 灾害灭绝 15
center of origin 物种起源的中心 18
chaparral 硬叶灌木林 12
cladistics 支序分类学，支序分析 8，19，25
cladistics vicariance biogeography 支序分替生物地理学 24，26
cladogram 支序图 19，25
component — analysis 组成成分分析 27
conceptual biogeography 理性生物地理学 2
consensus trees 一致树 27
Cope 规则 7
CORINE 全欧数字地图计划 77

corridor 通道 16
cosmopolitanism 全球性分布 16

D

data 数据 75
descriptive biogeography 描述性生物地理学 2
disjunction 间隔分布 8，16
dispersal 扩散 15
dispersal biogeography 扩散生物地理学 25
dispersal theory 扩散论 24
dispersion 散布或扩散 15
disruptive selection 裂变选择 14

E

ecological biogeography 生态生物地理学 2
ecological niche 生态位 12
ecological phytogeography 生态植物地理学 5
ecological time 生态学时间 11
endemism 特有性 16
epibiotics 残遗种 17
evolutionary biogeography 进化生物地理学 25
evolutionary time 进化学时间 11
extinction 灭绝 15

F

fauna 动物区系 18
filter 滤阻 16
flora 植物区系 18

G

generalized track 一般性轨迹 27
genetic drift 遗传漂移 14
geographic entity 地理实体 75
geographic information 地理信息 75
geographic information system 地理信息系统 75
geographic range 地理分布幅度 10
geo－information system 地理信息系统 75
GIS 地理信息系统 75
Gondwanland 南古陆 3，13
grad 栅格 76

H

hardware 计算机硬件设备 76
historical biogeography 历史生物地理学 2
Holarctic Region 全北区 18，29
hot spring 温泉 13
hypothetico － deductive method 假设演绎法 3

I

information 信息 75
information system 信息系统 75
insect biogeography 昆虫生物地理学，昆虫的地理分布 1，2
intertidal zone 潮间区 12

J

jump dispersal 长距离穿越阻限的扩散 15

L

Laurasia 北古陆 13
law of the minimum 最小规律 5
lentic 静水生境 13
lifeware 系统的组织管理者 76
limnetic zone 有光区 13
littoral zone 近岸区，海岸区 12，13
lotic 流水生境 13
LPIS 黄土高原信息系统 77

M

mangrove swamp 红树沼泽 13
microbial geography 微生物地理学 2
Millerian 缪氏拟态 37
MLMIS 明尼苏达州土地管理信息系统 77

monophyly 单系群 26
monophytetic groups 单系群 26

N

natural selection 自然选择 14
Nearctic Region 新北区 18，29，33
nekton 自游生物 13
Neotropical Region 新热带区 18，29，40
neritic zone 浅海区 13

O

organismic dispersal 有机体的扩散 15
Oriental Region 东洋区 18，29，35
orthogenesis 直生演化 7

P

Palaearctic Region 古北区 18，29，30
paleobotany 古植物学 5
paleoclimatology 古气候学 5
paleoecology 古生态学 2
panbiogeography 泛生物地理学 24
Pangea 泛古大陆 13
parapatric speciation 近域物种形成 14
parismony analysis of endemicities 不考虑特有性分类单元系统发生关系的特有性俭约分析 27
parsimany method 俭约性方法 27
parsimory analysis of endemicity 特有性俭约分析 24
pattern 形式 3
pelagic organism 洋面生物 13
phylogentic biogeography 系统发育生物地理学 24，25
physiological ecology 生理生态学 7
phytogeography 植物地理学，植物的地理分布 2，5
plankton 浮游生物 13
plant community ecology 植物群落生态学 7
plant physiological ecology 植物生理生态学 7
plant sociology 植物社会学 7
pool zone 潭区 13
Principles of Geology《地质学原理》 6
process 过程 3
profunal zone 深水区 13
progression rule 累进定则 26
provincialism 区域性 17

R

range shift 分布幅度飘移 16
rapids zone 激流区 13
RDBMS 关系数据库管理系统 78
reduced area cladogram 删简区域支序图 27
region 区 18
REIS 资源与环境信息系统 76
relational data base management system 关系数据库管理系统 78
relict 残遗种 17
resources and environmental information system 资源与环境信息系统 76
running water habit 流水生境 13

S

sclerophyllous woodland 硬叶灌木林 12
scrub 稀矮树地 12
shrubland 灌木地 12
sister group 姊妹群 27
software 计算机软件系统 76
spatial information 空间信息 75
spatial information system 空间信息系统 75
species dispersal 种扩散 15
standing－water habit 静水生境 13
sublittoral zone 亚海岸区 13
subregion 亚区 18
subtropical evergreen forest 亚热带常绿林 12
sweepstake 险阻 16

sympatric speciation 同域物种形成 14
synapomorphy 共同衍征 19
system 系统 75

T

temperate deciduous forest 温带落叶林 12
temperate grassland 温带草原 12
temperate rain forest 温带雨林 12
thorn forest 荆棘林 12
track 轨迹 27
track analysis 轨迹分析 27
tropical deciduous forest 热带落叶林 12
tropical rain forest 热带雨林（常绿林） 12
tropical savanna 热带草原 12
tundra 北极苔原 12

U

uniformitaranism 均变论 4

V

vector 矢量 76
vicariance 分替 16
vicariance biogeography 分替生物地理学 2，16，19，24，26
vicariance theory 分替论 24
vicariantevent 分替事件 9，16

W

Wallace 线 6，18

Z

zoogeography 动物的地理分布 2

中名索引

二画

二化螟 56

三画

三化螟 56
三叶草潜叶蝇 61，73
土蜂 64
大乌桕天蚕 36
大豆食心虫 53
大豆象 59
大谷蠹 65
大树蜢 37
大菜白蝶 56
大麻黄 79
大翅蝶科 40
山眼蝶 32
山眼蝶属 31
小红瓢虫 63
小麦红吸浆虫 53
小麦瘿蚊 59，67
小苎麻赤蛱蝶 33
小翅雏蝗 56
小蔗杆草螟 67
小蜜蜂 36
丫纹夜蛾 33
马达加斯加榛尾凤蝶 40
马达加斯加燕蛾 40
马尾松毛虫 56
马齿苋蛱蝶 38
马铃薯 67
马铃薯甲虫 34，60，67
马铃薯块茎蛾 67，70
马兜铃属 40

四画

云南球小蠹 56
云斑天牛 56
木器白蚁 59
木橑粉蚧 63
不列颠黄凤蝶 46
长索跳小蜂 63
长颚堆砂白蚁 72
巨凤蝶属 44
巨犀金龟 41
日本金龟子 35，67
贝氏愈腹茧蜂 64
中华高冠角蝉 56
巴西豆象 59
凤蝶 39，46
双带巨角跳小蜂 62
双脊姬小蜂 64

五画

玉米天蚕蛾 35
玉米象 60
古蜓科 42
甘蓝斑色蛺 34
甘蔗灰粉蚧 64
艾菲跳小蜂 64
卡氏砂潜 39
布氏巨凤蝶 36，44
东方蜚蠊 33
东北大黑金龟 53
东亚飞蝗 53
叶额堆砂白蚁 72
四纹豆象 59
付粘虫 55

白蚊 79
白背飞虱 53
白斑弄蝶 32
白薯天蛾 33
冬尺蠖 64
印度扑虱蚜小蜂 62
印度枯叶蛱蝶 37
印度黄脊蝗 56
台湾稻螟 56
母生 52

六画

亚历山大巨凤蝶 44
亚洲玉米螟 69
网翅目 29
西方五月鳃角金龟 31
西班牙月蛾 31
西藏花金龟 55
西藏牧草蝗 55
西藏斑金龟 55
地中海实蝇 59，67，70
达尔文澳白蚁 43
竹笋夜蛾 56
舌蝇属 38
华北蝼蛄 53
行军蚁 41
伞形花二尾蚜 63
异苜蓿叶象 60
红边兜蟋 55
红纹丽蛱蝶 33
红翅蝗 38
红粉蚧 62
红腿小唇泥蜂 62
红蜡蚧 63
红蜡蚧扁角跳小蜂 62，63
红褐唇瓢虫 63
红襟粉蝶 46

七画

麦秆蝇 55
麦蜂科 42
麦蜂属 42
麦穗金龟 55
赤松毛虫 53
花丽蟋 55
花粉蝶 33
花翅跳小蜂 63
花蟋 56
花螳螂 38
杉梢小卷蛾 56
极地眼蝶 31
杨扇舟蛾 52，53
束颈蝗属 55
豆荚螟 64
豆粉蝶属 41
丽江松毛虫 56
丽金龟 64
吴刺粉蚧 62
拟步甲科 39
吹绵蚧 63，67，70
谷粘虫 55
谷斑皮蠹 59
谷象 67
沙地蟋蟀 34
沙漠蝗 32
沃氏豆粉蝶 41
沟叩头虫 53
阿根廷蚁 42
纯蛱蝶科 40

八画

非洲大蜗牛 60
非洲飞蝗 38
非洲巨凤蝶 39
非洲蝼蛄 62
苹小食心虫 53

苹果实蝇 59
苹果绵蚜 63
苹果绵蚜日光蜂 63
苹果蠹蛾 55，59，67，70，79
苜蓿夜蛾 53
苜蓿盲蝽 53
苜蓿籽蜂 55
直翅目 29
枞色卷蛾 34
松突圆蚧 56
松梢螟 56
松褐天牛 56
刺粉虱黄褐蚜小蜂 62
刺腹寄蝇 64
欧美散白蚁 71
欧洲大榆小蠹 59
欧洲玉米螟 67，69
欧洲榆小蠹 59
肯尼亚粉蚧 63
具角茄 34，67
咖啡绿粉蚧 63
咖啡黑盔蚧 64
罗盘白蚁属 43
岭南黄蚜小蜂 62
金斑蝶 38，39
金钢钻 56
金黄蚜小蜂 62
周期蝉 33
油松毛虫 53
油茶毒蛾 56
油橄盔蚧 63
波氏香蕉象 73
卷叶蛾 64
织叶蚁 36
孟氏隐唇瓢虫 63

九画

蘑蛾绒茧蜂 64
草地螟 53，55
草原毛虫 55
茶卷蛾长体茧蜂 64
茶褐圆蚧 63
荔蝽 56
胡萝卜茎蝇 67
柑橘红圆蚧 62
柑橘小实蝇 59
柑橘粉蚧 63
树粉蝶 53
虹彩悬茧蜂 64
科西嘉凤蝶 45
食蚧蚜小蜂 63
食植瓢虫 64
美国白蛾 59，69
美洲大蠊 33
类食蚧蚜小蜂 63
亮绿金龟 53
神圣金龟 32
绒茧蜂 64

十画

莎草丝螟 30
栗黄枯叶蛾 56
栗瘿蜂 56
桉象瓮小蜂 64
桉树 79
埃及吹绵蚧 63
蚜茧蜂 63
蚋型蚤蠊 29
蚋属 31
柴达木束颈蝗 55
爱尔兰布纹蛾 46
高粱瘿蚊 59
痂蝗属 55
家白蚁属 72
家蟋蟀 33
粉蚧三色跳小蜂 63
桨角蚜小蜂 62
胶树绒蚧 63

绢蝶属 29，31

十一画

菜粉蝶 67
黄凤蝶 31
黄连木种子小蜂 53
黄阿格姬蜂 64
黄盾扑虱蚜小蜂 62
黄须盆地寄蝇 64
黄蚜小蜂 62，63
黄脊竹蝗 56
黄胸散白蚁 52
黄猄蚁 36
黄缘蛱蝶 29
萤火虫 34
排蜂 35
堆砂白蚁 56
堆砂白蚁属 71
梨小食心虫 70
梨圆蚧普乐蚜小蜂 62
梨笠圆盾蚧 67
梨瘤蚜 61
得州切叶蚁 41
麻头堆砂白蚁 71
康氏粉蚧 63
粘虫 53、55
寄蝇 64
绿蝽 62
象甲 64

十二画

斑蛱蝶科 39
斑蛾属 31
斑蝶 39
斑蝶科 37，39
散白蚁属 72
粟叶甲 53
粟灰螟 53，55
落叶松毛虫 53
落叶松鞘蛾 53
落叶夜蛾 36
落基山蚱蜢 34
葡萄根瘤蚜 59
森林小粉蝶 46
森林蟋蟀 34
椰青红斑蛾 64
椰圆蚧 63
棕尾毒蛾 64
棕榈隐喙象甲 41
棉红铃虫 56，59，67
棉铃虫 56
蛩蠊目 29
紫胶虫 64
紫胶白虫 64
紫胶白虫茧蜂 64
紫蚧蚧 63
紫蚧蚧黄蚜小蜂 63
紫蝶属 40
蛱蝶科 37
黑土墩白蚁 39
黑尾叶蝉 56
黑背唇瓢虫 63
黑绒金龟 53，55
黑粉虱两印蚜小蜂 62
黑彩带蜂 35
阔柄跳小蜂 64
普通蝼蛄 55
温室粉虱 61
犀金龟属 41
缘腹卵蜂 62
鼎点金钢钻 56

十三画

蒙古木蠹蛾 53
蒙古灰象 55
暗色瓢虫 63
跳小蜂 63
锦葵 68

雏蝗属 55
雏膝蝗属 55
新斑蝶科 40
新疆实蜡 55
意蜂 35
塞舌耳吹绵蚧 63

十四画

蔷薇圆蚧 63
蔗螟 64
臧红豆粉蝶 33
裳夜蛾属 33
蜜柑大实蝇 59
褐飞虱 56
褐圆蚧纯黄蚜小蜂 63
膜翅蜡科 44
翠缘巨凤蝶 44
截头堆砂白蚁 72

十五画

撒哈拉大白蚁 39
槲寄生粉蝶属 44
豌豆象 60
墨西哥实蝇 59
墨西哥棉铃象 35，59，68
潜叶甲 64
澳白蚁属 43
澳弄蝶 44
澳洲大蠊 33
澳洲瓢虫 63
舞毒蛾 30，64，67，69，74
稻水象甲 59，61
稻苞虫 56
稻纵卷叶螟 53，56
德国小蠊 33

十六画

燕蛾属 40
鞘喙蜡科 44
橙白蚁属 71
橙圆蚧 62
橙黄木白蚁 71
橘小粉蚧 63
橘刺粉虱 62
瓢虫 63
螟利索寄蝇 64
螟黄足绒茧蜂 64

十七画

蟋蟀属 34
蟋蟀 45

二十六画

蠼螋 46

学名索引

A

Achatina fulica 60
Acheta domestica (L.) 33
Acraeidae 39
Adelphocoris lineolatus (Geoze) 53
Agrypon flaveolatum 64
Allocasuarina campestris 79
Allotropa burrelli 63
Amauris niavius 39
Amitermes 43
Amitermes hastatus 39
Amitus hesperidum 62
Anagyrus kamali 63
Anagyrus nr. kivuensis 63
Angaracris 55
Aniceius beneficus 62, 63
Anisoplia 55
Antestia anchora (Thunb.) 56
Antestia pulchera Dall. 55
Antheminia lumulata (Geoze) 55
Anthocharis cardamines 46
Anthonomus grandis Boheman 35, 68
Aondiela aurantii (Maskell) 62
Apanteles etiellae 64
Apanteles flavipes 64
Apanteles lacteicolor 64
Aphelinus mali 63
Aphidius 63
Aphycus terryi 64
Aphytis chrysomphali 62
Aphytis holoxanthus 63
Aphytis lepidosaphes 63
Aphytis lingnanensis 62
Aphytis maculicorius 63
Aphytis melinus 62, 63
Apis florea 36
Apis mellifera L. 35
Appanostigma jakusuiense Kishida 61
Apriona cataegi L. 53
Aristolochia 40
Aspongopus sanguinolentus Westwood 55
Atrophaneura anteror 40
Atta 41
Atta texana (Buckley) 41
Attacus atlas L. 36
Automeris io (F.) 35
Azya luticeps 63

B

Batocera horsfieldi (Hope) 56
Bessa remota 64
Blatta orientalis L. 33
Blattella germanica (L.) 33
Bracon greeni 64
Brassolidae 40
Bryodema 55
Bruchophagus gibbus (Bohemen) 55

C

Catocala Schrank 33
Ceracris kiangsu Tsai 56
Ceratitis capitata (Wiedemann) 67, 70
Charaxes 39
Chilo auricilia Dudg. 56
Chilo infuscatellus Snellen 53
Chilocorus nigritus 63
Chilocorus politus 63

Choristoneura fumiferana (Clemens) 34
Chorthippus 55
Chorthippus fallax (Zub.) 56
Chrysidia madagascarensis 40
Clausenia purpurea 63
Clostera anachoreta (F.) 52, 53
Cnaphalocroris medinalis Guenee 53
Coccophagoides utilis 63
Coccophagus gurneyi 63
Coleophora laricella (Hubner) 53
Colias 41
Colias croceus L. 33
Colias vauthieri 41
Comperiella bifasciata 62
Composomeris annulata 64
Compsilura concinnata 64
Coptotermes 72
Coptotermes acinasciformis (Froggatt) 72
Coptotermes amanii (Sjostedt) 72
Coptotermes formosanus (Shiraki) 72
Coptotermes frenchi Hill 73
Coptotermes havilandi Holmgren 73
Coptotermes heimi (Wasmann) 73
Coptotermes lacteus (Froggatt) 73
Coptotermes testaceus (L.) 73
Coptotermes vastator Light 73
Cossus mongolicus Erschoff 53
Cryptognatha nodiceps 63
Cryptolaemus montrouzieri 63
Cryptotermes 71
Cryptotermes breuis (Walker) 71
Cryptotermes domesticus (Haviland) 56, 72
Cryptotermes dudleyi Banhs 72
Cryptotermes hariland (Siosted) 72
Cycnia mendica 46
Cydia pomonella (L.) 55, 67, 70, 79
Cyzenis albicans 64

D

Danaidae 37, 39
Danaus chrysippus L. 38
Dictyoptera 29
Deinacrida 45
Delias Hubner 44
Dendrolimus punctatus Walker 56
Dendrolimus rex Lajonquiere 56
Dendrolimus spectabilis Butler 53
Dendrolimus superans Butler 53
Dendrolimus tabulaeformis TsaietLiu 53
Diatraea saccharalis (F.) 67
Dioryctria abietella Schiff. 56
Drepanotermes tamminensis 79
Dryocosmus kuriphilus Yasumatsu 56
Dynastes L. 41
Dynastes hereules L. 41

E

Eciton 41
Erebia Dalman 31
Erebia pandrose 32
Eretmocerus smithi 62
Eublemma amabilis Moore 64
Eucalyptus capillosa 79
Euploea 40
Euproctis pseudoconspersa Stand 56
Eurytoma plotnikovi Nikolskaya 53
*Euschemon rafflesia*44

G

Glossina Wiedeman 38
Graellsia isabellae 31
Grapholitha inopinata Hein. 53
Grapholitha molesta Busck 70
Grylloblatta campodeiformis 29
Grylloblattodea 29
Gryllotalpa gryllotalpa (L.) 55

Gryllotalpa unispina Sauss. 53
Gryllus Latreille 34
Gryllus firmus 34
Gryllus vernalis 34
Gynaephora alpherakii Grum-Grshimailo 55
Gytotermes 59

H

Hampea 68
Heliothis dipsacea (L.) 53
Heliconiidae 40
Hemiberlesia pitysophila Takagi 56
Hemideina 45
Herse convolvuli L. 33
Holotrichia diomphalia Bates 53
Homalium haimamemse 52
Hoplia tibetana Dallatore 55
Hungaiella pretiosa 63
Hymenopus coronatus 38
Hypera rariablis 60
Hyphantria cunea (Drury) 69
Hypolimnas missippus L. 38
Hypsauchenia chinensis Chou 56

I

Icerya purchasi Maskell 67, 70
Incisitermes 71
Incisitermes immigraus (Snyder) 71
Incisitermes minor (Hagen) 71
Incisitermes nigritus (Snyder) 71
Iridomyrmex humilis (Mayr) 42
Ithomiidae 40

K

Kallima paracletes 37
Kalotermes flavicollis (F.) 71

L

Labidura riparia Pallas 46
Laccifer lacca (Kerr) 64
Larra luzonensis 62
Leguminivora glycinivorella Matsumura 53
Lema tristis Herbst 53
Lepidochora kahani 39
Leptidea simapis Author 46
Leptinotarsa decemlineata (Say) 34, 60, 67
Lestes sponsa Hansemann 30
Leucania putrida Stgr. 55
Leucania separata Walker 53
Leucania zeae Dup. 55
Lindoras laphanthae 62
Liriomyza trifolii (Burgess) 61, 73
Lissorhoptrus oryzophilis Kuschel 61
Lixophaga diatraeae 64
Locusta migratoria manilensis (Meyen) 53
Locusta migratoria migratorioides (Reiche et Fairmaire) 38
Loxostege sticticalis (L.) 53
Lymantria dispar L. 30, 64, 67, 69, 74

M

Macrocentrus homonae 64
Macrotermes natalensis Haviland 39
Magicicada 33
Maladera orientalis (Mots.) 53
Mastotermes Froggatt 43
Mastotermes darwiniensis Froggatt 43
Mayetiola destructor (Say) 67
Megapis dorsata F. 35
Melanoplus spretus (Walsh) 34
Melipona Illiger 42
Meliponidae 42
Melolontha melolontha L. 31
Meromyza saltatrix (L.) 55
Metaphycus helvolus 64
Meteorus versicolor 64
Microterys kotinskyi 63
Mimela splendens Gyll. 53

Monochamus alternatus Hope 56
Murgantia histrionica (Hahn) 34
Myrmecinae 43

N

Nomadacris septemfasciata (Serville) 38
Nomia melanderi Cockerell 35
Nymphalidae 37

O

Oecophylla smaragdina (F.) 36
Oeneis bore 31
Oligia vulgaris (Butler) 56
Omocestus tibetanus Urarov 55
Ophideres fullonica L. 36
Orcus chalybeus 62
Ornithoptera 44
Ornithoptera alexandrae 44
Ornithoptera priamus L. 44
Orthoptera 29
Ostrinia nubilalis (Hubner) 67, 69

P

Pachyrhamma 45
Palophus titan Sjostedt 37
Papilio antimachus 39
Papilio dardanus 39
Papilio homerus 46
Papolio hositon 45
Papilio machaon L. 31
Papilio machaon britannicus 46
Parnassius Latreille 29
Patanga succincta (Johan.) 56
Patasson nitens 64
Pectinophora gossypiella (Saunders) 67
Pediobius epilachnae 64
Pediobius parvulus 64
Peloridiidae 44
Periplaneta americana L. 33
Periplaneta australasiae F. 33
Petaluridae 42
Phanerotoma bennetti 64
Photinus consimilis 34
Photinus pyralis 34
Phthorimaea operculella (Zeller) 67, 70
Pieris brassicae L. 56
Pieris rapae L. 67
Pleononmus canadiculatus Fald. 53
Plusia gamma L. 33
Polychrosis cunninghamiacola Liu et Pai 56
Polytus mellerborgii (Boheman) 73
Pontia daplidice L. 33
Popillia japonica Newman 35, 67
Potosia tibetana Kr. 55
Prospaltella clypealis 62
Prospaltella opulenta 62
Prospaltella periciosi 62
Prospaltella smithi 62
Prostephanus truncatus Horn 65
Pseudopsectra cookeorum 47
Psila rosae (F.) 67
Pyrgus andromeda 32

Q

Qstrinia furnacalis 69
Quadraspidiotus perniciosus (Comstock) 67

R

Reticulitermes 72
Reticulitermes flavipes (Kollar) 71, 72
Reticulitermes hesperus Banhs 72
Reticulitermes lucifugus (Rossi) 72
Reticulitermes speratus (Kolbe) 52, 72
Rhizobius ventralis 63
Rhynchophorus palmarum 41
Rodolia cardinalis 63
Rodolia pumila 63

S

Scarabaeus sacer L. 32
Schistocerca gregaria (Forskal) 32
Simulium Latreille 31
Sitodiplosis mosellana (Gehin) 53
Sitona linena 60
Sitophilus granarius (L.) 67
Sitophilus zeanaus (Motschulsky) 60
Sogatella furcifera Horv. 53
Solanum carolinense 67
Solanum rostratum 34, 67
Solanum tuberosum 67
Sphaerotrypes yunnanensis Tsai et Yin 56
Sphingonotus 55
Sphingonotus tzaidamicus Mistsh 55

T

Tenebrionidae 39
Tessaratoma papillosa Drury 56
Trabala vishnou Lefebure 56
Trialeurodes vaporariorum (Westwood) 61
Trissolcus basilis 62
Trogonoptera brookiana 36, 44
Troides 44

U

Urania 40

V

Vanessa antiopa (L.) 29
Vanessa atalanta (L.) 33
Vanessa cardui L. 33

X

Xylinophorus mongolicus Faust 55

Z

Zygaena F. 31

444428